

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**CLIMA URBANO E CONFORTO TÉRMICO NA REGIÃO DO LOBITO –
ANGOLA**

Judith Maia José Epalanga Matias

Dissertação orientada pelo
Professor Doutor António Manuel Saraiva Lopes

Mestrado em Geografia Física e Ordenamento do Território

2019

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



CLIMA URBANO E CONFORTO TÉRMICO NA REGIÃO DO LOBITO – ANGOLA

Judith Maia José Epalanga Matias

Dissertação orientada pelo
Professor Doutor António Manuel Saraiva Lopes

Júri:

Presidente: Professor Doutor Marcelo Henrique Carrapito Martinho Fragoso do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

Vogais:

- Professor Doutor João Viljoen de Vasconcelos da Escola Superior de Turismo e de Tecnologia do Mar do Instituto Politécnico de Leiria;
- Professor Doutor António Manuel Saraiva Lopes do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

2019

À minha estimada mãe Ruth Canjila Epalanga
e aos meus adorados filhos Ataíde Gamer Epalanga Matias,
Victorina Nassusso Epalanga Matias e Doriana Sassia Epalanga Matias

Agradecimentos

A realização do presente trabalho, apesar de representar a concretização do meu interesse particular em abordar o tema proposto, foi possível graças ao contributo de várias personalidades.

Exprimo, entretanto, o meu agradecimento ao Professor Doutor **António Manuel Saraiva Lopes**, orientador desta dissertação de mestrado, pela entrega, empenho e dedicação manifestada ao longo da orientação do trabalho.

Aos professores do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território principalmente os professores do curso de Geografia Física. Aos meus colegas Max Anjos, Ana Teves, Ana Gonçalves, Cláudia, Márcia, que, de alguma forma, me deram auxílio.

Agradeço profundamente à minha querida mãe e aos meus irmãos que souberam suportar a minha ausência no seio deles, obrigada pelo carinho, amor e compreensão.

Aos meus amigos, Divaldo Marco de Sousa Queiroz, Américo dos Santos Mateus, António Ngundji Kalei José, David Mucuenje, Tina Fundanga, Hermínia Matola, Admilda Liuanhica, Madalena Capolo Mateus, Manuel Passasi, Toivo Haipinge Susana e Diana Brasil,

Aos meus colegas do Instituto Superior de Ciências de Educação de Benguela (ISCED/Benguela), principalmente os do Departamento de Ciências de Natureza: o Mestre Alberto Sapeio, Mestre Maria da Cunha, Mestre Aurélio Palanga, Mestre João Huvi, Dr. Manuel Caca Toni, Mestre David Mucuenje e Dr. Iraíldes Helena Rosquete.

Aos meus queridos filhos Ataíde Gamer Epalanga Matias, Victorina Nassusso Epalanga Matias e Doriana Sassia Epalanga Matias, que souberam suportar a minha ausência, obrigada pelo carinho, amor e compreensão.

E a todas as pessoas que contribuíram para a concretização desta dissertação de mestrado e que me motivaram a continuar.

A todos, o meu eterno sentimento de gratidão.

Resumo: O presente trabalho tem como objectivo conhecer os padrões térmicos de distribuição termo-higrométricos na região do Lobito, avaliar o conforto térmico tendo por base o resultado da sensação térmica no período seco e chuvoso e confrontar os resultados com as *Local Climate Zones*; e ainda estabelecer a relação entre os padrões térmicos e o conforto humano na região do Lobito, Angola. Para a concretização dos objectivos propostos, optou-se por uma metodologia que compreende três etapas: a primeira etapa correspondeu às operações de processamento e interpretação de imagem de satélite Landsat 8, usando a representação de determinadas classes da LCZ que foram criadas no Google Earth (kml) e importadas para o *software* livre *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA-GIS). Na segunda etapa, aplicaram-se questionários sobre o conforto térmico em dois períodos (seco e chuvoso) e a terceira etapa corresponde à realização das medições itinerantes, na qual obtivemos os valores dos dados climáticos da área de estudo. Os resultados indicam que, a região do Lobito é constituída por onze tipos de classes de cobertura da terra de acordo com o esquema da classificação da LCZ, sendo que as LCZ que apresentaram maior dimensão foram a LCZ C que corresponde à classe dos arbustos isolados e a seguir a LCZ 7 que corresponde à classe de ocupação desordenada e edificações baixas. Em relação as anomalias, é de referir que a anomalia positiva apresentou um desvio máximo de 3,2°C que é considerado um valor significativo. No entanto, a anomalia negativa apresentou um desvio máximo de cerca de -2.1°C, significando que as ilhas de calor urbano têm maior representatividade em relação ao ar frio na região do Lobito. Quanto ao resultado da sensação térmica fisiológica, o Lobito apresentou um índice UTCI que rondava entre 31°C a 36°C que se enquadra nas categorias de stresse de calor moderado e stresse de calor forte e os valores do índice da PET rondava entre 36°C a 40°C que se enquadra nas categorias de stresse de calor forte e stresse de calor muito forte, com influências negativas no bem-estar da população do Lobito. E relativamente ao conforto térmico humano, a população acha que o período chuvoso, no Lobito foi quente, não foi húmido e o vento foi um pouco indiferente, havendo assim pessoas com interesse de ter mais vento e uma mudança para o vento um pouco mais fresco e, no período seco a população considera que o Lobito esteve frio, húmido, com muitos ventos, a maioria da população mostrou interesse em ter mais vento fraco. Este estudo mostrou que é necessário entrar em linha de conta com os climas locais no ordenamento do território do Lobito.

Palavras-chaves: Clima Urbano, Conforto Térmico, UTCI e PET, Lobito, Angola

Abstract: This work aims to know the thermo-hygrometric thermal distribution patterns in the Lobito region and to establish the relationship with the Local Climate Zone with the patterns, to evaluate thermal comfort based on the result of thermal sensation in the dry and rainy season and compare with the Local Climate Zone in the region, Angola. To achieve the proposed objectives, a three-step methodology was chosen: the first step corresponded to Landsat 8 satellite image processing and interpretation operations, using the representation of certain LCZ classes that were created in Google Earth (kml) and imported into open source System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA-GIS). In the second stage, thermal comfort questionnaires were applied in two periods (dry and rainy) and the third stage was the itinerant measurements, in which we obtained the climatic data values of the study area. The results indicate that the Lobito region is made up of eleven types of land cover classes according to the LCZ classification scheme, and the LCZ that presented the largest dimension was the LCZ C which corresponds to the class of isolated shrubs and then to LCZ 7 which corresponds to the cluttered occupation class and low buildings. Regarding the anomaly values, it should be noted that the positive anomaly presented a maximum deviation of 3.2°C which is considered a significant value. However, the negative anomaly presented a maximum deviation of about -2.1°C, meaning that the urban heat islands are more representative in relation to cold air in the Lobito region. As for the result of physiological thermal sensation, Lobito had a UTCI index that ranged from 31°C to 36°C that falls into the categories of moderate heat stress and strong heat stress, the PET index values were around 36°C to 40°C that fit in the categories of strong heat stress and very strong heat stress, with negative influences on the welfare of the Lobito population. And with regard to human thermal comfort, the population felt that the dry period in Lobito was hot, not humid and the wind was a bit indifferent, so there are people who are interested in having more wind and cooler wind. In the dry season the population considers the Lobito have been cold, humid, with many winds, and most of the population showed interest in having more light wind. This study showed that it is necessary to take into account the local climates in Lobito's land use planning.

Keywords: Urban Climate, Thermal Comfort, UTCI e PET, Lobito, Angola.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract	iii
Índice de figuras	vi
Capítulo I. Introdução.....	11
I. 1. Apresentação e Objectivos do Trabalho	11
I.2. Revisão de Literatura	14
I.2.1. Clima Urbano	14
I.2.2. <i>Local Climate Zones</i>	18
I.2.3. Bioclimatologia Humana	20
I.2.3.1. Conforto Térmico.....	21
I.2.3.2. Temperatura Fisiológica Equivalente	23
I.2.3.3. UTCI- Universal Thermal Climate Index	27
I.3. Caracterização Geral de Angola, Benguela e Lobito	32
I.3.1. Caracterização Física de Angola	32
I.3.2. A Zona de Convergência Intertropical- ZCIT.....	35
I.3.3. Caracterização Climática	39
I.3.4. Temperatura e Precipitação	41
I.3.5. Velocidade e direcções dominantes do Vento.....	43
Capítulo II. Metodologia e Dados	44
II.1. <i>Local Climate Zones</i>	45
II.2. Medições Itinerantes e Equipamentos Utilizados	51
II.3. Questionários	54
II.4. Observações de Temperatura e Correções da Temperatura Observada.....	54
II.5. Índices de Vegetação do Lobito.....	59
II.6. Software utilizado	61
Capítulo III. Resultados	62
III.1. Clima Urbano do Lobito.....	62
III.1.1. As Local Climate Zones da Região do Lobito	62

III.1.1.1. Precisão do Mapa das LCZ	67
III.1.1.2. Distribuição da temperatura do ar (corrigida)	69
III.1.1.3. Distribuição da humidade relativa.....	73
III.1.1.4. Conclusões Parciais	76
III.2. Conforto Térmico do Lobito	78
III.2.1. Avaliação das condições de Sensação Termo-Fisiológica.....	78
III.2.2. Avaliação do Conforto Térmico Humano	82
III.2.2.1. O Conforto Térmico no Período Chuvoso	84
III.2.2.2. Conforto Térmico no Período Seco.....	92
III.2.3. Conclusão Parciais.....	99
III.4. Discussão de Resultados.....	101
Capítulo IV. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros.....	109
Referências Bibliográficas	111
Anexos I	124

Índice de figuras

Figura 1. Escala de sensação térmica	22
Figura 2. UTCI a partir do modelo termofisiológico e modelo de vestuário	29
Figura 3. Sistema termorregulação do corpo humano usado no modelo UTCI_Fiala ..	31
Figura 4. Enquadramento da área em estudo.....	33
Figura 5. Posicionamento da Zona de Convergência Intertropical nos meses de julho e janeiro	35
Figura 6. Posicionamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical no continente africano. (a) verão no Hemisfério Norte (b) Verão no Hemisfério Sul	36
Figura 7. Interação da ZCIT com a TSM no período chuvoso no NNE	37
Figura 8. Interação da ZCIT com a TSM no período seco no NNE.....	38
Figura 9. Temperaturas e precipitações médias no período seco e chuvoso no Lobito	41
Figura 10. Temperaturas máximas no Lobito	42
Figura 11. Quantidade da precipitação no Lobito	42
Figura 12. Velocidade do vento no período seco	43
Figura 13. Rosa dos ventos no período seco	43
Figura 14. Esquema das principais etapas de trabalho	44
Figura 15. Esquema da classificação da LCZ em 17 classes padrão.....	50
Figura 16 . 77 pontos das medições itinerante	51
Figura 17. Variação da temperatura do ar observada (°C) e corrigida nos dias 6, 10, 11 de janeiro de 2018.....	56
Figura 18. Variação da temperatura do ar observada (°C) e corrigida nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018.....	57
Figura 19. Variação da temperatura do ar observada (°C) e temperatura do ar corrigida nos dias 17 de janeiro de 2018.....	58
Figura 20. RayMan: Captura de tela da janela principal	59
Figura 21. NDVI da região do Lobito	60
Figura 22. Tipologias e áreas escolhidas para as assinaturas espectrais da região do Lobito, com base a classificação das LCZs e as suas 27 classes padrão	64
Figura 23. Mapa das Local Climate Zones do Lobito, 2018	66
Figura 24. Representação dos valores da temperatura (°C).....	71
Figura 25. Representação dos valores das anomalias térmicas em (°C).....	72

Figura 26. Representação da humidade relativa em relação referente ao período chuvoso	74
Figura 27. Representação de anomalias da humidade relativa em relação o período chuvoso.....	75
Figura 28. Índice Térmico Climático Universal no período chuvoso	80
Figura 29. Temperatura Fisiológica Equivalente no período chuvoso.....	81
Figura 30. Distribuição por género dos entrevistados	82
Figura 31. Faixa etária dos entrevistados	83
Figura 32. Grau de escolaridade dos entrevistados	83
Figura 33. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas: (1) – Sobre a temperatura do ar, o que você sente agora; 1.1 – Como você gostaria de se sentir	86
Figura 34. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas: (2) – Sobre a humidade do ar, o que você sente agora; 2.2 – Como você gostaria de se sentir.....	87
Figura 35. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (3) – Sobre o vento, a que velocidade está; 3.1 – Como você gostaria de se sentir	88
Figura 36. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas (4) – Sobre a radiação solar, o que você acha; 4.1 – Como você gostaria de se sentir.	89
Figura 37. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas (5) – No geral, você se sente; 6 – Baseado no que você disse, você está agora numa situação confortável; Se você não se sente confortável neste lugar, que alternativas voê iria procurar; Quais seriam as suas prioridades	91
Figura 38. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (1) – Sobre a temperatura do ar, o que você sente agora; 1.1 – Como você gostaria de se sentir.	93
Figura 39. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (2) – Sobre a humidade do ar, o que você sente agora; 2.2 – Como você gostaria de se sentir.....	94
Figura 40. Conforto térmico dos entevistados. Respostas às perguntas: (3) – Sobre o vento, a que velocidade está; 3.1 – Como você gostaria de se sentir	95
Figura 41. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas (4) – Sobre a radiação solar, o que você acha; 4.1 – Como você gostaria de se sentir	96
Figura 42. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (5) – No geral, você se sente; 6 – Baseado no que você disse, você está agora numa situação confortável; se você não se sente confortável neste lugar, que alternativas voê iria procurar; Quais seriam as suas prioridades	98

Figura 43. Relação entre o UTCI (a meio do dia) e o conforto térmico (inquéritos) período chuvoso.....	100
Figura 44. Relação entre o UTCI (a meio do dia) e o conforto térmico (inquéritos) no período seco.....	100
Figura 45. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, nos dias 6, 10 e 11 de janeiro de 2018	103
Figura 46. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018	104
Figura 47. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, no dia 17 de janeiro de 2018	105
Figura 48. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, nos dias 6, 10 e 11 de janeiro de 2018	106
Figura 49. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018	107
Figura 50. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, no dia 17 de janeiro de 2018	108

Índice de tabelas

Tabela 1. Escalas da PET e da UTCI.....	26
Tabela 2. Respostas termofisiológicas para estimar o modelo termofisiológico.....	30
Tabela 3. População residente no município de Lobito.....	34
Tabela 4. Dados usados nesta pesquisa	47
Tabela 5. Tipos de LCZs	49
Tabela 6. Tipos de LCZ existentes na região do Lobito.....	65
Tabela 7. Matriz de contingência das LCZ da região do Lobito	68
Tabela 8. Valores da PET e da UTCI durante as campanhas de medição.....	79

Lista de Siglas e Acrónimos

CRU-Unidade de Pesquisa Climática

CLIMA-Clima e Mudanças Ambientais

CEG-UL-Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa

DR-Detecção Remota

DRSIG-Detecção Remota e Sistema de Informação Geográfica

ECMWF-Centro Europeu de Previsão Meteorológica de Médio Prazo

ERA-Interim- Reanálise Climática

GHCN-Rede Global de Clima Histórico

GPCC-*Precipitation Climatology Center*

GHCN-Global Historical Climate Network

GMAO-*Global Modeling and Assimilation Office*

ICU-Ilha de Calor Urbano

INE-Instituto Nacional de Estatística

ISCED-Instituto Superior de Ciências de Educação

LCZ-*Local Climate Zone*

NASA- *National Aeronautics and Space Administration*

NDVI-*Normalized Difference Vegetation Index*

NCEP/NCAR-Centro Nacional de Pesquisa Atmosférica

ONU-Organização da Nações Unidas

OLI_TIRS-Landsat 8 *Thermal Infrared Sensor*

PPD-percentagem prevista de insatisfação

PET-Temperatura fisiológica equivalente

PDM-Plano Director Municipal

PMV- Voto Médio Previsível (Predicted Mean Vote)

SAGA-GIS- System for Automated Geoscientific Analyses- Geography Information System (Sistema de Análises Geocientíficas Automatizado- sistema de informação geográfica)

SET-Temperatura Efectiva Padrão

TP-Temperatura Percebida

UTCI-*Universal Thermal Climate Index*

WUDAPT- *World Urban Database and Access Portal Tools*

Capítulo I. Introdução

I. 1. Apresentação e Objectivos do Trabalho

Nas últimas décadas, a expansão urbana esteve na origem de rápidas mudanças nos ambientes urbanos. Estas mudanças necessitam de uma monitorização como forma de permitir o controlo e a avaliação do processo de planeamento urbano. O relatório *world urbanization prospects revision*, elaborado pela Organização da Nações Unidas (ONU), refere que a partir do ano 2050 cerca de 70 % da população mundial viverá nas áreas urbanizadas (Alcoforado *et al*, 2009; Pessoa, 2013), aumentando assim a pressão sobre os decisores políticos, técnicos e responsáveis pelo ordenamento urbano.

Em Angola, a informação sobre os serviços climáticos é inexistente. Alguns países africanos em desenvolvimento são caracterizados pela escassez de recursos que permitem obter dados referentes ao clima. A par das dificuldades na obtenção de dados climáticos, é de referir ainda a falta de experiência técnica e apoio organizacional (Klosterman, 1995).

Atualmente, a investigação sobre o clima urbano de várias cidades com dimensões, contextos climáticos, biogeográficos e topográficos diferenciados, tem vindo a aumentar exponencialmente (Alcoforado, 1988). O estudo do clima tem sido um instrumento importante para o planeamento das cidades (Katzschner, 1997). As intervenções que modificam substancialmente o clima das cidades resultam de vários factores, entre eles as condições particulares do meio ambiente urbano, a ocupação do solo, a verticalização dos edifícios e a redução das áreas verdes, com impactos significativos na qualidade de vida das localidades (Oke, 2006).

“O clima é uma componente do ambiente urbano e resultado da interação entre factores naturais e antropogénicos” (Andrade, 2005). “A Climatologia Urbana é uma área multidisciplinar, onde se cruzam contribuições de especialistas de diferentes domínios, como por exemplo: a Geografia, a Arquitectura e o Urbanismo, a Engenharia e a Meteorologia” (Lawrence, 2003). A crescente degradação do ambiente urbano e a falta de qualidade de vida das populações, tem-se revelado como um dos obstáculos do desenvolvimento das cidades angolanas. As alterações descontroladas no uso do solo, acentuam as alterações climáticas e dão origem às ilhas de calor (Oke, 1987).

Tendo em conta a necessidade de incorporar ferramentas de serviços climáticos no ordenamento urbano, o presente trabalho procura estudar o clima urbano e o conforto térmico no Lobito e tem como objectivo geral avaliar os padrões térmicos e o conforto humano registado no Lobito, Angola.

Stewart e Oke (2012) definiram as LCZ como “regiões de cobertura de superfície uniforme, estrutura, material e actividade humana que abrangem centenas de metros e vários quilómetros em escala horizontal”. As LCZ possuem uma classificação que agrega elementos físicos e geométricos das áreas urbanas e nela são introduzidas abordagens sobre o estudo do efeito das ilhas urbanas de calor de uma cidade (Kotharkar e Bagade, 2017; Stewart e Oke, 2012).

A WUDAPT (*World Urban Database and Access Portal Tools*) concebeu uma base de dados global em cidades adequadas para estudos do clima urbano, como forma de colmatar a ausência de dados adequados para descrição da paisagem urbana em termos climáticos. Assim, numa primeira fase a WUDAPT estabeleceu um protocolo usando as categorias de classificação das LCZ, para dividir a paisagem urbana das cidades em tipos de vizinhança que pudessem formar a seleção de parâmetros em aplicações de modelo (Brousse *et al.*, 2016).

Tendo em conta a necessidade de incorporar ferramentas de serviços climáticos no ordenamento do território urbano, este trabalho procura conhecer o clima urbano e o conforto térmico no Lobito, Angola.

E tem como objetivos específicos:

- (i) Conhecer os padrões de distribuição termo-higrométricos no Lobito e estabelecer a sua relação com as *Local Climate Zones*;
- (ii) Avaliar o conforto térmico tendo por base o resultado da sensação térmica do período chuvoso e do período seco no Lobito e confrontar os resultados com as *Local Climate Zones*;
- (iii) Conhecer os padrões térmicos e conforto humano na região do Lobito, Angola.

A presente dissertação, pretende dar respostas às seguintes perguntas de investigação:

- (i) De que forma a morfologia actual da cidade, a ocupação do solo e os regimes termo-higrométricos do Lobito poderão influenciar as condições do conforto térmico humano?
- (ii) Qual é a sensação térmica da região do Lobito no período chuvoso e no período seco?

A dissertação está organizada em 4 capítulos: (i) introdução, (ii) metodologia e dados (iii) resultados e discussão e (iv) conclusão. No capítulo da introdução, são apresentadas as perguntas de investigação, os objectivos propostos, a estrutura da dissertação, o enquadramento da área de estudo e a revisão da literatura. Esta tem por base o referencial teórico sobre a temática em estudo bem como a sua contribuição para o desenvolvimento sustentável. No capítulo (ii), são apresentados os dados, os métodos e técnicas que foram utilizados. No capítulo (iii) são apresentados os resultados e discussão das *Local Climate Zones* (LCZ) da região do Lobito, o conforto térmico das duas estações (seca e húmida) com base nos inquéritos aplicados e medições itinerantes resultantes do trabalho de campo. No capítulo (iv) são apresentadas as conclusões do trabalho e os desenvolvimentos futuros e as limitações dos métodos utilizados.

I.2. Revisão de Literatura

I.2.1. Clima Urbano

A abordagem científica sobre o clima urbano teve a sua origem no início do séc. XIX através da publicação de um estudo relacionado com o clima de Londres, do investigador Luke Howard (1818). Luke Howard foi pioneiro ao demonstrar que, a temperatura do ar apresentava valores mais elevados na cidade, em comparação com as regiões rurais (Ganho, 1999; Dias e Nascimento, 2014). Deste modo, as características do clima urbano são do conhecimento da comunidade científica, e não só, há bastante tempo. Todavia, a aplicação deste conhecimento no planeamento urbano embora crescente, é residual (Alcoforado, Andrade, Lopes e Vasconcelos, 2009; Ooka, 2007).

Sendo o Clima Urbano o exemplo mais relevante das alterações climáticas antrópicas, o seu estudo é considerado como tendo uma longa tradição e este debruça-se sobre as diferenças urbanas e rurais em relação aos parâmetros meteorológicos (Jendritzky e Niibler, 1981). Para Costa e Araújo (2001), o clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço e da sua urbanização comparando-o com a cidade e a sua envolvente. Oke (2006) refere que a terminologia “clima urbano” é usada como um termo coletivo que visa incluir o estudo de processos meteorológicos, fenómenos atmosféricos e a interação destes com climas em áreas que sofreram desenvolvimento urbano.

O clima urbano não é apenas a manifestação dos processos químicos e biofísicos, na atmosfera é também o reflexo da acção das sociedades no planeta Terra (Ruth e Baklanov, 2012), que resulta da interação entre os factores urbanos com o clima regional e com o meio físico pré-existente (Andrade, 2005:70). O clima urbano pode ser observado em todas as cidades ao redor do globo terrestre, contudo, a sua maior expressão é nas cidades de maior dimensão e densamente urbanizadas (Khalil, *et al.*, 2018).

De acordo com Ganho (1999) o clima urbano é o resultado da substituição do coberto natural do solo por materiais de origem antrópica, nomeadamente pedra, cimento e asfalto, bem como da geometria urbana particular e das alterações na composição da atmosfera urbana, resultantes da ocupação e atividades humanas, sendo este composto por vários fenómenos de escala espacial dentro e fora do espaço urbano (Ooka, 2007).

O clima urbano afecta de forma directa a saúde e bem-estar do homem residente nesses espaços (Castro e Lopes, 2010). Assim, deve ser visto como um integrante da qualidade ambiental, ou seja, este contribui para a qualidade de vida nas áreas urbanas (Andrade, 2005:75). Portanto, como forma de alcançar as condições ideais de habitabilidade urbana e assim garantir uma melhor qualidade de vida aos seus residentes, é fundamental ter em conta todos os componentes do clima urbano (Anjos, 2017).

O clima urbano resulta ainda das modificações que as superfícies, os materiais e as actividades desenvolvidas pelo homem nas áreas urbanas, provocam nos balanços de energia, massa e movimentos (Andrade, 2005). Os componentes térmicos do clima urbano incluem todos os fluxos de energia que ocorrem na área urbana (Mayer, 1993). Logo, avaliar o componente térmico do clima urbano e em particular o conforto térmico humano, significa interpretar a equação do equilíbrio energético humano, seus fluxos de energia e parâmetros fisiológicos (Mayer, 1993).

Para Castro e Lopes (2010) a natureza do clima urbano pode ser diferente, tendo em conta a envolvente, dado que resulta da combinação e do condicionamento de um conjunto de fatores internos e externos que condicionam, ampliam ou minimizam determinadas variáveis climáticas, nomeadamente, o vento, a temperatura ou a humidade.

Como forma de avaliar o clima urbano, são usadas ferramentas que nos auxiliam a sua classificação. Estas ferramentas são classificadas consoante quatro modelos, distintos: 1) mesoescala meteorológica que corresponde a uma escala urbana e de blocos urbano; 2) microclima que é referente a um bloco de cidade e escala do edificado; 3) modelo do edificado que diz respeito à escala dos edifícios e 4) modelos térmicos humanos que são referentes a uma escala de corpo humano (Ooka, 2007).

Para Castro e Lopes (2010) o clima urbano é caracterizado por possuir padrões térmicos diferenciados no espaço, nomeadamente, as ilhas de calor ou de frescura, pois tem sido bastante comum, nos estudos do clima urbano, adotar-se a divisão do comportamento espacial do gradiente de temperatura e ilhas de calor e frescura urbana (Barros e Lombardo, 2016).

Recentemente Gomes e Lamberts (2009) desenvolveram três métodos de pesquisa que auxiliam na compreensão da natureza teórica do clima urbano. A metodologia

desenvolvida por estes autores engloba os seguintes métodos: (i) métodos empíricos, que são baseados nas condições reais, nos quais são realizados medições climáticas no campo e são igualmente associadas ao tratamento estatístico de dados; (ii) métodos de escalas, produzidos através de condições físicas reais de um determinado local e possuem uma grande aplicabilidade no planeamento urbano, uma vez que permitem prever os efeitos climáticos traduzidos pelas possibilidades de ocupação e, por fim (iii) modelos numéricos, que permitem o entendimento dos processos atmosféricos e a previsão de fenómenos, o que constitui uma alternativa ao trabalho de recolha e obtenção de dados no campo.

As investigações sobre o clima urbano no continente africano são escassas. No entanto, recentemente foram desenvolvidos alguns estudos sobre esta temática e com diferentes finalidades. Eludoyin, *et al.*, (2014) efetuaram um estudo que tinha como objetivo analisar as variações das condições climáticas de alguns parâmetros como (temperatura, humidade relativa, temperatura efetiva, e outros). Na investigação, os autores definiram algumas regiões de acordo com o clima térmico da Nigéria, a investigação foi realizada do ponto de vista espacial e temporal (1951 – 2009). Tendo em conta os resultados do estudo, os investigadores concluíram que a partir do ano 2000 houve um aumento do stresse térmico na maior parte das regiões, principalmente no Sul e no Noroeste e que o clima de conforto térmico nigeriano é heterogéneo, requerendo uma análise de múltiplos índice térmicos.

Becker (2000) baseou-se no modelo da equação de conforto de Fanger (1972) e aplicou-o em 31 *resorts* e cidades sul-africanas. O estudo visava fornecer um modelo para a avaliação das condições térmicas bioclimáticas de uma cidade. As cidades foram avaliadas de acordo com o índice climático (IC), que é determinado atendendo à frequência mensal de dias quentes ou frios. A análise dos dados, destacou condições mais agradáveis na média anual ao longo da faixa costeira (Port St. Johns, Richards Bay, St. Lucia) e as mais desagradáveis encontram-se ao redor da Cidade do Cabo, Karoo e Eastern Lowveld.

Ndetto e Matzarakis (2013) realizaram uma simulação de longo prazo usando dados meteorológicos de um período sinóptico de uma cidade costeira de Dar Es Salaam,

na Tanzânia. A simulação pretendia determinar o efeito da altura do edificado e da orientação das ruas sobre as condições térmicas humanas e os resultados foram interpretados à luz dos parâmetros de conforto térmico de temperaturas médias radiantes e do PET. Os resultados indicaram que, os valores do PET eram mais elevados cerca de 34 °C durante o período da tarde, principalmente nas ruas de orientação Leste-Oeste e edifícios com 5 metros de altura. Os valores ideais do PET e o conforto térmico de temperaturas médias radiantes foram observados nas ruas com orientação Norte-sul e edifícios com cerca de 30 metros de altura. É igualmente de referir que os edifícios que se encontravam próximos do parque tinham melhores condições de conforto térmico devido à existência de sombra.

O clima urbano é associado aos fenómenos de ilhas de calor, porquanto estas contribuem de modo negativo para o conforto térmico e poluição do ar principalmente em ambientes extremos, sobretudo em climas quentes e temperados (Khalil, *et al.*, 2018). Um dos indicadores com maior impacto na expansão urbana, nas mudanças climáticas e na sustentabilidade urbana em meio ambiente, são as ilhas de calor urbano (Aina *et al.*, 2017).

As ilhas de calor urbano (IUC) têm a sua origem na acção antrópica bem como na morfologia do relevo que induz os mecanismos específicos de escoamento do ar (Castro e Lopes, 2010). A ICU é o aumento da temperatura do ar nos ambientes urbanos em relação à sua envolvente (Barros e Lombardo, 2016), que estão associadas ao crescimento e expansão urbana (Aflaki *et al.*, 2017). Para Barros e Lombardo (2016), a natureza complexa das ilhas de calor está relacionada a outros importantes fatores, tais como a poluição atmosférica, fortes precipitações com risco de inundações, bem como a dinâmica do uso e cobertura do solo, edificado e saúde pública.

Os efeitos do IUC resultam das características e atividades antropogénicas das cidades (Aina *et al.*, 2017). As ilhas de calor urbano podem ser de dois tipos: ilhas de calor urbano da superfície e ilhas de calor urbano atmosférico (Grover e Singh, 2015). As ilhas de calor são resultados das propriedades térmicas de materiais da superfície, pela fraca evapotranspiração em áreas urbanas, pelos efeitos geométricos (os chamados "efeito canyon") e pelo calor antropogénico (Oke, 1982; Santamouris, 2002; Lilly e Devadas, 2009).

O uso das tecnologias de Detecção Remota e Sistema de Informação Geográfica (DRSIG), em associação com a modelação analítica quantitativa, tem fornecido metodologias científicas e eficazes para monitorizar e analisar as ilhas urbanas de calor em pequenas e grandes cidades ao nível mundial (Dai *et al.*, 2010; Grover e Singh, 2015).

1.2.2. Local Climate Zones

A climatologia urbana é um campo científico em rápido crescimento e actualmente tem sido muito investigado em quase todo o mundo. Ren *et al.*, (2016) referem que, o crescimento urbano observado no passado, além das mudanças na paisagem natural, trouxe consigo inúmeros problemas de cariz ambiental (poluição do ar e ilhas de calor) que afetaram a saúde e o desempenho das atividades diárias das populações.

O desenvolvimento do projeto internacional *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT) pretende descrever as cidades com base no esquema das *Local Climate Zones* (LCZ). O projecto o WUDAPT é uma iniciativa internacional para aquisição, armazenamento e divulgação de bases de dados relevantes sobre as características físicas das cidades a nível global (Mills *et.al*, 2015). Classifica as paisagens naturais e urbanas em categorias, tendo por base as propriedades de superfície relevantes para o clima. Esta metodologia fornece um quadro culturalmente neutro para a recolha de informações sobre a estrutura física interna das cidades. Danylo *et al.*, (2016) referem que, as LCZ, dividem a paisagem de forma homogénea com base na estrutura urbana, cobertura urbana, materiais de construção embora estes sejam difíceis de caracterizar com Detecção Remota (DR).

O projecto WUDAPT apresenta três partes, nomeadamente: (i) aquisição de dados básicos sobre as cidades reunidas de forma consistente (Bechtel *et al.*, 2015; See *et al.*, 2015, Mills *et.al.*, 2015); (ii) armazenamentos de dados num formato de livre acesso (Ching *et. al.*, 2015) e (iii) extração de dados adequados para a execução de modelos ou parâmetros que podem ser usados no ordenamento do território (Feddemma *et. al*, 2015).

Stewart e Oke (2009) definiram as LCZ como regiões de distribuição uniforme da temperatura do ar e das superfícies a uma escala horizontal que apresenta zonas climáticas

homogéneas. Anjos *et.al*, (2017) argumentam que as LCZ devem ser arquitetadas de forma que venham representar a escala local ($> 1\text{km}^2$).

Em cada LCZ são demonstradas as características geométricas e cobertura do solo, podendo gerar um clima único de temperatura do ar sobre as cidades de grande ou pequena dimensão (Stewart e Oke 2012). Oke (2006) refere que, atualmente, nos estudos da climatologia urbana e o uso de técnicas observacionais melhora significativamente a comunicação, uma vez que as suas aplicações são cada vez mais úteis em estudos das ilhas de calor.

O sistema de classificação das LCZ, deriva de uma divisão lógica da paisagem hierarquizada de subclasses, apresentando um sistema apropriadamente determinado e dimensionado, universal em princípios de cobertura superficial (tipo de construção, humidade do solo e albedo), estrutura da superfície (sky view factor SVF)¹, altura média dos prédios e a razão H/W) e a actividade antrópica (fluxo de calor antropogénico) (Stewart e Oke, 2009). Baseia-se também nas características térmicas das áreas urbanas, que estão ligadas à alteração do clima nas áreas urbanas e nas ilhas de calor urbano (Stewart e Oke, 2012; Stewart 2011). Ginsburg *et al.*, (1991) referem que, a classificação do solo em “urbano e rural” torna-se complicada em cidades ou países densamente povoados, uma vez que o uso do solo nestes locais é intensamente misturado.

Os dados obtidos da pesquisa climática descrevem a forma e função urbana, permitindo a extração das características urbanas de alta resolução em cada cidade ao nível mundial, visto que a forma representa a altura dos edifícios, a densidade dos edifícios, o coberto vegetal, geometria urbana das cidades entre outros; a função, descreve as actividades que impulsionam o consumo de energia e água, que podem vir a ser representados pela emissão de calor antropogénico e partículas de gases (Mills *et.al.*, 2015).

¹ SVF é a relação entre o hemisfério do céu visível e o solo (não abstruído por edifícios, terrenos ou árvores) um parâmetro de grande importância para aplicações do clima urbano.

Com vista a reduzir os problemas de saúde humana que estão relacionados com o clima em algumas cidades Subsaarianas, foi necessário recorrer ao mapeamento das LCZ (Brousse *et al.*, 2018). Ruth (2007) refere que actualmente em algumas cidades Africanas a quantidade e a qualidade de informação sobre a saúde têm sido limitadas e progressivamente têm sido feitos estudos sobre a variação das condições climáticas nas cidades e a sua influência sobre as comunidades localizadas nas regiões tropicais.

Brousse *et al.* (2018) demonstraram a aplicabilidade das imagens de Detecção Remota de alta resolução espacial e o esquema da LCZ que serviram no mapeamento das áreas de risco de malária intraurbana em algumas cidades da África Subsaariana.

A ausência de informação sobre o clima em algumas regiões tropicais é uma realidade. Logo, houve a necessidade de explorar o potencial da classificação das LCZ para a definição das unidades de resposta climática homogénea, o estudo das ilhas urbanas de calor e sobretudo o comportamento térmico de diferentes tipos de cobertura do solo e da escala local na região do Lobito.

I.2.3. Bioclimatologia Humana

A Bioclimatologia é considerada uma ciência que estuda a relação entre as condições climáticas e a distribuição de organismos e suas comunidades (Bazan, Marino, Domina e Schicchi, 2015). A bioclimatologia estuda o clima, com particular interesse nos ambientes dos organismos vivos, (plantas, animais e humanos) (Yoshino, 2009). De acordo com Sargent (1958) a bioclimatologia examina a influência que o meio ambiente exerce sobre os seres vivos. É uma ciência multidisciplinar, debruça-se sobre aspectos do clima urbano e a sua relação com o conforto ou desconforto e com a saúde humana (Jauregui, 1993).

A bioclimatologia humana sintetiza os aspectos da ocupação urbana e as condições do meio físico são importantes na abordagem teórica no estudo do clima urbano (Gomes e Lamberts, 2009). O estudo do clima urbano tem vindo a ser uma importante ferramenta, contribuindo para que os aspetos referentes à qualidade ambiental sejam tratados de forma mais adequada nos Planos Directores (Gomes e Lamberts, 2009). Para compreendermos os fenómenos do clima urbano, existe a necessidade de se fazer uma

análise do ponto de vista espacial e temporal (Andrade, 2005), bem como a topografia e cobertura terrestre, dando particular ênfase à densidade construída (Alcoforado, *et al.* 2009). É igualmente pertinente perceber o desenvolvimento e a evolução dos processos sociais e económicos ao longo do tempo numa escala geográfica, na hierarquia organizacional, e do ponto de vista das escolhas individuais, em comunidade, ao nível nacional, internacional e global (Ruth e Baklanov, 2012).

I.2.3.1. Conforto Térmico

A avaliação humana das condições de conforto térmico em espaços urbanos é uma das áreas temáticas da bioclimatologia e é fundamental uma vez que, esta tem implicações no desenvolvimento das cidades e na qualidade de vida dos seus residentes (Cohen *et al.*, 2013). O conforto térmico é o somatório dos aspectos tecnológicos e fisiológicos e sobretudo psicológicos de cada indivíduo (Van Hoof *et al.*, 2010). No entanto, os processos de expansão urbana que muitas vezes ocorrem sem a devida estratégia de planeamento têm vindo a conduzir alterações bio-ambientais (exemplo, o aumento da temperatura do ar) com consequências diretas no conforto térmico das populações (Castro e Lopes, 2010). Assim, para mitigar o desconforto térmico “os espaços urbanos devem ser dotados de maiores estruturas, equipamentos, segurança e qualidade ambiental que incluam microclimas favoráveis ao conforto térmico dos seus utilizadores” (Labaki *et al.*, 2012).

Para Andrade (2003) o conforto térmico é determinado pela existência de mecanismos de termorregulação eficientes, que mantêm o equilíbrio do balanço energético entre o corpo e a atmosfera. Estes mecanismos restabelecem o equilíbrio energético do organismo humano quando é submetido a uma dada ambiência atmosférica, para conferir-lhe uma sensação de conforto (Alcoforado, 2009), ou seja, a sensação térmica dos seres humanos tem uma relação com o estado do seu sistema termorregulador, que aciona mecanismos de controlo como forma de amenizar o desconforto (Fanger, 1973).

Considera-se conforto térmico como as condições que manifestam a satisfação com o ambiente térmico (Zhang *et al.*, 2017). É também a “condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico, sendo avaliado por apreciação subjectiva” (ANSI/ASHRAE, 2004; Fanger, 1973). E a sensação térmica corresponde à identificação

do estado térmico dos termorreceptores e não a percepção direta do ambiente físico (Andrade, 2003).

O conforto térmico urbano é influenciado por um conjunto diferenciado de critérios, nomeadamente, pessoais e ambientais. Os critérios pessoais dependem exclusivamente de cada indivíduo, e os critérios ambientais dependem da qualidade da envolvente dos edifícios (Gonçalves e Graça, 2004; Van *et al.*, 2010; Farzaneh e Tootoonchi, 2008). O conforto térmico é uma variável importante no processo da projeção dos edifícios, uma vez que o ser humano da era moderna passa a maior parte do seu tempo em espaços fechados (Van *et al.*, 2010; Özdamar e Umaroğullari, 2018).

No final dos anos 1960, Fanger desenvolveu o método do Voto Médio Previsível (*PMV*) que é um índice usado para avaliar o grau do conforto interno que posteriormente foi adotado pelas normas ISO e ASHRAE (Jang *et al.*, 2007; Van *et al.*, 2010; Matias, 2011). Em 1970, Fanger desenvolveu um outro modelo que resulta do cálculo do modelo *PMV*, denominado de percentagem prevista de insatisfação (*PPD*) (Charles, 2003). O índice *PPD* serve para prever os indivíduos que provavelmente ficarão insatisfeitos com um determinado ambiente térmico (Charles, 2003).

O índice *PMV* estima as percepções térmicas sentidas pelos indivíduos num determinado espaço, tendo por base uma escala de sete pontos e é determinado pela equação de balanço térmico do corpo (fig. 1) (Matias, 2011; Fanger, 1973; *et al.*, 2010; Charles, 2003).

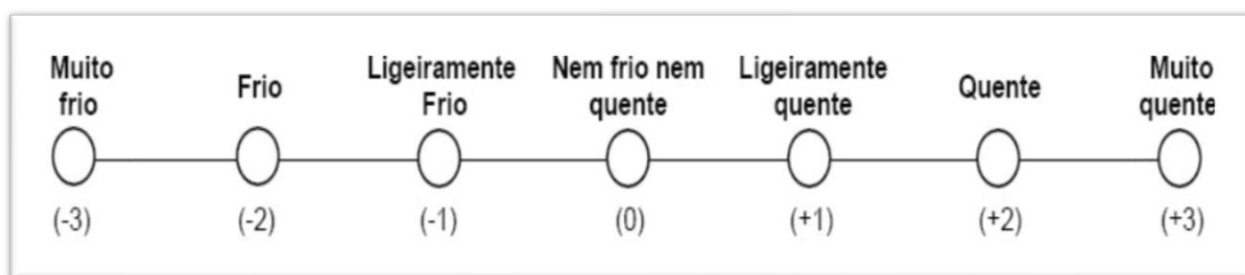


Figura 1. Escala de sensação térmica; **Fonte:** Matias (2011)

Segundo Van Hoof, *et al.*, (2010), a satisfação da equação de balanço térmico dá origem ao conforto térmico para um grande grupo de pessoas, e a função do PMV é de fornecer indicações do desvio do conforto térmico ou termoneutralidade ideal. Farzaneh e Tootoonchi (2008) realizaram um estudo no qual utilizaram o índice PMV como controlador de *feedback* de temperatura, em sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC). O estudo tinha como objectivo comparar o índice PMV com outro tipo de controlador de temperatura, e os resultados indicaram que, o índice PMV tinha a capacidade de controlar melhor o conforto térmico e o consumo de energia, comparativamente aos sistemas como *feedback* de temperatura.

O conforto térmico implica que o indivíduo se sinta satisfeito com o ambiente que o rodeia, mas esta satisfação difere de indivíduo para indivíduo, uma vez que, depende de vários parâmetros, nomeadamente a idade, género, nutrição, estrutura corporal, gordura subcutânea, altura e peso, atividade, vestuário e grau de satisfação psico-fisiológico (Farzaneh e Tootoonchi, 2008). Andrade (2003) refere que o conforto térmico “é o estado mental que expressa a satisfação com o ambiente térmico”.

O conforto térmico depende de fatores individuais como por exemplo o tipo de roupa e o nível de actividade (Félix *et al.*, 2010), depende igualmente da temperatura, da humidade relativa, da velocidade do ar e da radiação do ambiente (Farzaneh e Tootoonchi, 2008). Identificar, delimitar e caracterizar as áreas de maior conforto ou desconforto térmico é uma ação bastante importante no desenvolvimento de estratégias que visam prevenir e agir em condições climáticas extremas (Baltazar, 2014).

I.2.3.2. Temperatura Fisiológica Equivalente

A temperatura fisiológica equivalente (PET) tem por base o balanço energético humano, podendo incorporar todos os parâmetros meteorológicos (Khalil, *et al.*, 2018; Matzarakis *et al.*, 1999). Esta pode ser calculada a partir do modelo de equilíbrio de energia humana (Mayer, 1993; Andrade, 2005), e também através dos parâmetros meteorológicos como, a temperatura do ar, a humidade, a velocidade do vento e a temperatura média radiativa (Baltazar, 2014). O cálculo é útil para o planeamento urbano e para os técnicos que têm menos contacto com o campo da termofisiologia uma vez que é dada em graus Celsius, facilitando a descrição do bioclima térmico (Mayer, 1993; Mayer e Höppe, 1987).

Höppe (1991) define a PET como a temperatura do ar na qual num ambiente desprovido de vento e radiação solar, existe um equilíbrio entre o balanço de calor do corpo humano e a temperatura da pele sob condições externas complexas a avaliar. Por outras palavras, “esta expressa a sensação térmica de um corpo humano, com recurso à temperatura da pele e do interior do corpo como indicadores de referência” (Anjos, 2017). PET é um índice térmico que deriva do equilíbrio da energia humana (Matzarakis *et al.*, 1999). Este índice é visto como universal e serve para caracterizar o ambiente bioclimático térmico, permitindo avaliar as condições térmicas de uma maneira fisiologicamente significativa (Matzarakis, *et al.*, 1999).

A ideia fundamental do estabelecimento da PET tem por base a transferência do ambiente bioclimático térmico real para um ambiente interno imaginário equivalente, no qual seja possível sentir a mesma sensação térmica (Mayer, 1993). Esta é adequada para a realização da avaliação da componente térmica de diferentes climas, pois que os seus resultados podem ser apresentados em formato gráfico ou em mapas bioclimáticos (Matzarakis *et al.*, 1999), ou seja, os gráficos demonstram principalmente o comportamento temporal da PET e os mapas bioclimáticos demonstram a sua distribuição espacial (Matzarakis *et al.*, 1999).

A PET, é baseada no modelo de balanço energético MEMI que possui a capacidade de modelar as condições térmicas do corpo humano de uma forma fisiologicamente relevante. Permite que qualquer indivíduo mesmo que não seja especialista, consiga comparar os efeitos integrais de condições térmicas complexas externas, com a sua própria experiência em ambientes fechados (Höppe, 1991; Andrade, 1998; Deb e Alur, 2010).

Matzarakis, Mayer e Iziomon (1999); Andrade, 2005; Deb e Alur, 2010) argumentam que, em comparação com outros índices térmicos que também resultam do balanço energético humano, (ex: *PMV*), a utilização do índice PET é útil porquanto este usa uma unidade de medida (°C) bastante conhecida e de fácil compreensão.

Höppe, (1991) identifica alguns exemplos de aplicação do PET, nomeadamente: (a) previsão de mudanças nas componentes climáticas de áreas urbanas, depois das mudanças ocorridas ou no uso do solo e (b) pode igualmente ser usado como informação

adicional em notícias sobre o estado do tempo. Também pode ser aplicado na avaliação de diferentes ambientes térmicos como sejam as ilhas de calor no ambiente urbano e para avaliar a evolução dos tipos de vegetação ou o aumento das áreas verdes (Matzarakis, Mayer e Iziomon, 1999), serve igualmente para auxiliar no planeamento urbano e regional e para analisar o ambiente térmico (Krüger, Rossi e Drach, 2017).

Segundo Baltazar (2014), quanto maior for a densidade urbana e uma geometria urbanística mais fechada, mais elevados serão os valores da PET. É vantajoso utilizar a PET por quatro razões: (1) é um índice universal e é independente de vestuário e atividade metabólica; (2) tem um fundo termofisiológico, concedendo um efeito real da sensação térmico-micrométrica nos seres humanos; (3) é medido em (°C), o que pode ser facilmente relacionado às experiências comuns e (4) é útil tanto em climas quentes bem como frios (Deb e Alur, 2010).

Vários investigadores apontam inúmeras formas de aplicar o índice PET. Alcoforado, *et al.*, (2009) por exemplo, aplicaram o índice PET no estudo sobre as necessidades climáticas de uma cidade costeira e com clima mediterrâneo, e fizeram igualmente a descrição da metodologia que poderia se adaptada para sua utilização em outras cidades. Matzarakis, Rutz e Mayer (2007) aplicaram a PET na avaliação da componente térmica de microclimas urbanos, através do estudo da variação deste índice em três locais distintos (Munique; Freiburg e Albuquerque) e concluíram que, a PET poderá ser aplicada em diferentes ambientes tais como ilhas de calor dentro das cidades, ou em presença de fluxos de ar frio. Neste estudo foi igualmente concluído que o índice PET é adequado para avaliar a componente térmico da biometeorologia humana em diferentes climas como se observa na tabela 1.

Tabela 1. Escalas da PET e da UTCI

UTCI (°)	PET (°C)	Categorias de stresse
>46 °C	>41 °C	Stresse extremo pelo o calor
38 °C a 46 °C	35 °C a 41 °C	Muito forte pelo o calor
32 °C a 38 °C	29 °C a 35 °C	Forte pelo calor
26 °C a 32 °C	23 °C a 29 °C	Moderado pelo calor
18 °C a 26 °C	18 °C a 23 °C	Conforto térmico
9 °C a 18 °C	13 °C a 18 °C	Sem stresse térmico
0 °C a 9 °C	8 °C a 13 °C	Pouco stresse pelo frio
0°C a -13°C	4 °C a 8 °C	Moderado pelo frio
-13 °C a -27 °C	–	Forte pelo frio
-27 °C a -40 °C	–	Muito forte pelo frio
< - 40 °C	< - 4 °C	Extremo pelo frio

Fonte: Adaptado de Panagiotis, Natos e Matzarakis (2011)

O estudo realizado por Gulya, Unger e Matzarakis (2006) analisou a estrutura complexa de áreas urbanas tendo por base a PET. Neste estudo, foram examinadas as condições do conforto térmico ao ar livre e os resultados do estudo revelaram que as diferenças na PET, no que diz respeito à temperatura nos locais próximos uns dos outros, podem ser maiores (15-20 °C) devido a diferentes condições (radiação, vento, temperatura etc).

Bouyer *et al.*, (2007) usaram o índice PET para avaliar o conforto térmico em ambientes externos e semi-externos. Nessa investigação foi usada uma ferramenta numérica que gerou mapas bioclimáticos da PET. Os mapas gerados permitiram estimar de forma prática o nível de conforto em comparação com a avaliação tradicional do conforto do vento e de que resultou que a avaliação do vento, por si só, não permite avaliar de forma abrangente o conforto nos vários ambientes estudados.

Knez e Thorsson (2007) examinaram as implicações dos aspectos culturais e ambientais de indivíduos suecos e japoneses que se encontravam num parque no momento da recolha de dados e num intervalo confortável de 18-23 °C do PET), com o intuito de compreender as percepções destes em relação às condições térmicas emocionais. O estudo demonstrou que as pessoas de diferentes antecedentes culturais avaliam as condições climáticas de forma diferente. No entanto, de acordo com a PET, os participantes em ambas as culturas experimentaram condições térmicas confortáveis idênticas, ou seja, o estudo sugere que os processos psicológicos e culturais têm uma relação com a percepção que pessoas têm sobre o ambiente térmico.

I.2.3.3. UTCI- Universal Thermal Climate Index

O Índice Térmico Climático Universal (*Universal Thermal Climate Index* (UTCI)) é uma medida expressa em termos de temperatura equivalente (°C), dentro de um ambiente de referência. Este fornece a mesma resposta fisiológica de uma pessoa de referência em comparação com o ambiente real (Blazejczyk, *et al.*, 2012; Jendritzky, *et al.*, 2013; Bröde, *et al.*, 2012). O índice foi desenvolvido no ano de 2009 no âmbito da cooperação internacional entre os principais especialistas nas áreas da termofisiologia humana (Łażejczyk, *et al.*, 2013; Jendritzky *et al.*, 2012; Park *et al.*, 2014; Jendritzky *et al.*, 2007), tendo por base um dos mais avançados e amplamente validados modelos multi-nós de transferência de calor humano e termorregulação (Pappenberger *et al.*, 2015; Fiala *et al.*, 2001; Fiala *et al.*, 2012).

Os modelos multi-nós de transferência de calor humano e termorregulação tendem a prever as respostas termorregulatórias humanas e a complexa transferência instantânea de calor humano para uma diversidade de condições térmicas (Fiala, *et al.*, 2001). Estes podem ser usados como uma plataforma para desenvolver modelos detalhados de conforto térmico, que são capazes de prever respostas percetivas dos seres humanos (Fiala, *et al.*, 2001).

O UTCI descreve melhor a variabilidade temporal das condições térmicas em comparação com os outros índices (Blazejczyk *et al.*, 2012), e deve fornecer uma quantidade unidimensional que reflete adequadamente a reacção fisiológica humana, ao ambiente térmico real definido multidimensionalmente (Bröde, *et al.*, 2012). Este é

utilizado como um padrão fisiológico para avaliar o ambiente ocupacional no frio e no calor (Blazejczyk *et al.*, 2012), podendo ser aplicado em áreas da biometeorologia humana, tais como previsões e avisos diários, planeamento urbano e regional, epidemiologia ambiental e pesquisas de impacto climático (Pappenberger, *et al.*, 2015).

Jendritzky *et al.*, (2012) definem o UTCI como sendo a temperatura do ar em condição de referência que provocaria a mesma resposta dinâmica do modelo fisiológico, quando este está associado à temperatura do ar, vento, radiação e humidade. É um índice fácil de determinar, cujos resultados podem ser cartografados com mapas bioclimáticos humanos, podendo ser uma ferramenta útil na análise de possíveis efeitos térmicos humanos externos do planeamento, desenho urbano e paisagístico (Park *et al.*, 2014).

Este índice, deve obedecer aos seguintes requisitos: (1) que responda termofisiologicamente a todos os modos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente; (2) ser aplicável ao cálculo de todo o corpo e ao arrefecimento da pele local; (3) ser válido em todos os climas, estações e escalas temporais e espaciais e, por fim; (4) que seja adequado para aplicações-chave em biometeorologia humana (Jendritzky *et al.*, 2012; Jendritzky, *et al.*, 2007 e 2012).

Pappenberger, *et al.*, (2015) argumentam que, embora o UTCI tenha sido projectado para ser aplicável em todas as regiões climáticas e com um conjunto global de previsão numérica do tempo, é necessário, no entanto que antes da sua aplicação sejam avaliadas as suas adequabilidades na área de interesse. O índice parte do conceito de uma temperatura equivalente, no qual foi definido um ambiente de referência com humidade relativa de 50%, com velocidade baixa do vento (5 m/s a 10 m de altura) e temperatura radiante igualado à temperatura do ar, a qual todas as outras condições climáticas são comparadas (Jendritzky, *et al.*, 2007). Este índice, fornece uma avaliação do ambiente térmico externo em aplicações biometeorológicas com base na equivalência da resposta fisiológica dinâmica prevista por um modelo de termorregulação humana, que se encontra ligado ao modelo de última geração (fig. 1) (Jendritzky *et al.*, 2007).

O cálculo da UTCI foi testado em várias cidades africanas e os resultados variaram de acordo com o clima urbano de cada cidade e do stress térmico em que a população foi submetida. Para a cidade do Lobito, este trabalho é considerado um trabalho-piloto e

os resultados da pesquisa demonstraram que as categorias de stresse térmico são adequadas.

I.2.3.3. Componentes do Índice Térmico Climático Universal

Blazejczyk *et al.*, (2010) apresentaram três componentes essenciais do índice térmico climático universal (fig. 2 e tabela 1), nomeadamente: modelo fisiológico; modelo auxiliar de cobertura (este modelo estima as relações e trocas de calor no corpo humano e no meio ambiente) e os factores meteorológicos que afetam de uma forma directa os seres humanos num ambiente urbano.

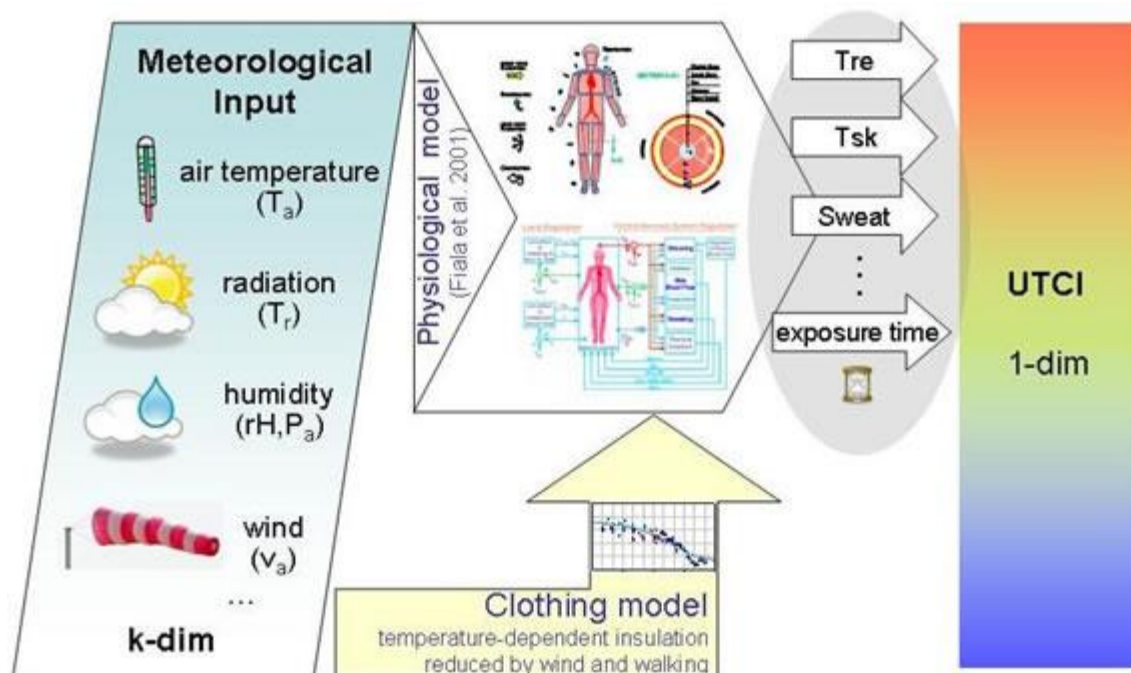


Figura 2. UTCI a partir do modelo termofisiológico e modelo de vestuário; **Fonte:** Adaptado de Blazejczyk *et al.*, (2010)

Tabela 2. Respostas termofisiológicas para estimar o modelo termofisiológico

Resposta	Abreviação	Unidade
Temperatura interna	Tre	°C
Temperatura média da pele	Tskm	°C
Temperatura da pele do rosto	Tskfc	°C
Produção de suor	Mskdot	g/min
Produção de calor por arrepios	Shiv	W
Humidade epidérmica	WettA	% da área do corpo
Fluxo sanguíneo da pele	Vblsk	% do valor basal

Fonte: Adaptado de Blazejczyk *et al.*, (2010).

Para Fiala *et al.*, (2011) existe uma relação entre o sistema de termorregulação do corpo humano a partir dos processos físicos, o tremer dos músculos devido às baixas temperaturas, o suor que surge devido às altas temperaturas, a circulação do sangue cutâneo, os processos internos de produção e distribuição de calor e o metabolismo do corpo humano. O modelo *Universal Thermal Climate Index* apresenta uma interligação com os processos que criam e transferem calor pelo corpo humano (fig. 3).

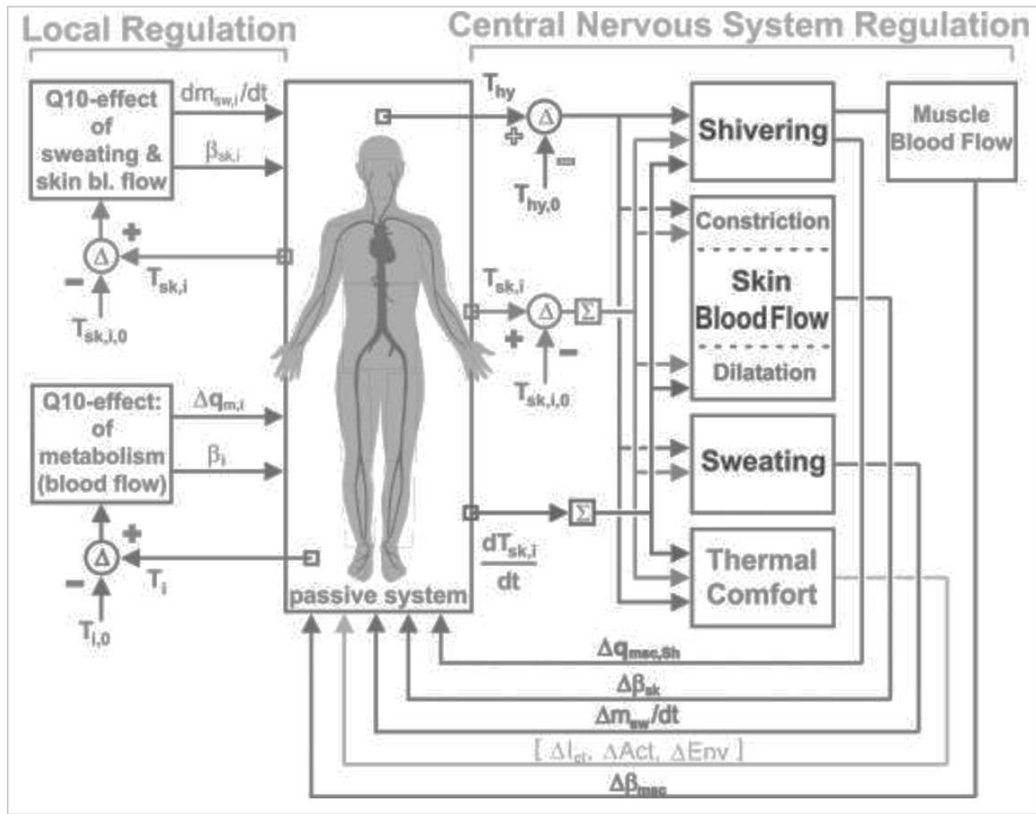


Figura 3. Sistema termorregulação do corpo humano usado no modelo UTCI_Fiala; **Fonte:** Adaptado de Fiala *et al.*, (2011)

Durante um período de 10 anos, os índices UTCI e PET foram alvos de comparação, tendo por base dados referentes às horas de uma cidade da Europa Central e de clima temperado. A análise a que os dados foram submetidos, demonstrou que as diferenças obtidas resultam das diferentes configurações fisiológicas do isolamento do vestuário, ou seja, para as condições nas quais os valores da pressão do vapor são mais elevados, os valores do UTCI serão mais elevados em comparação com os valores do PET, o que permite fazer a descrição do stress termofisiológico de forma mais adequada (Matzarakis *et al.*, 2014).

I.3. Caracterização Geral de Angola, Benguela e Lobito

I.3.1. Caracterização Física de Angola

O território angolano está localizado na costa ocidental do continente africano, ocupando uma área de cerca de 1 276 700 km² e um comprimento máximo no sentido Norte-Sul aproximado a 1277 km e uma largura máxima no sentido Este-Oeste aproximado de 1236 km. O território também possui uma linha de costa que permite a união com o Oceano Atlântico ao longo de 1650 km, estando limitado a Norte com a República do Congo, a Nordeste com a República Democrática do Congo, a Este com a Zâmbia e a Sul com a Namíbia. A província de Benguela faz parte das dezoito (18) províncias e a sua capital é Benguela. Esta ocupa uma área de 39 827 km² do território angolano, tendo cerca de 2 477 595 habitantes em 2014. Benguela está localizada a oeste da área central do território angolano, faz fronteira a Norte com a província do Kuanza-sul, a Este com a província do Huambo, a Sudeste com a província da Huila, a Sudoeste com a província da Namibe e a Oeste com o Oceano Atlântico. A província está dividida em 10 municípios (Benguela, Baia-Farta, Balombo, Bocoio, Catumbela, Caimbanbo, Cubal, Chongoroi, Ganda e Lobito) e 27 Comunas.

O município de Lobito, localiza-se na região Centro-oeste do território angolano (fig. 4) entre os meridianos 13° 30'00'' e 14° 00'00''E, os paralelos 12° 00'00'' e 12° 30'00'' Epalanga (2013). O município tem uma extensão de cerca de 3 685 km² e representa cerca de 9,25% do território da província de Benguela. Faz fronteira, a Norte, com a província de Cuanza-Sul, a este com município do Bocoio, a Sul com município de Catumbela e a Oeste com o Oceano Atlântico. Administrativamente é composta por 3 comunas; Lobito, Canjala Egipto e Praia.

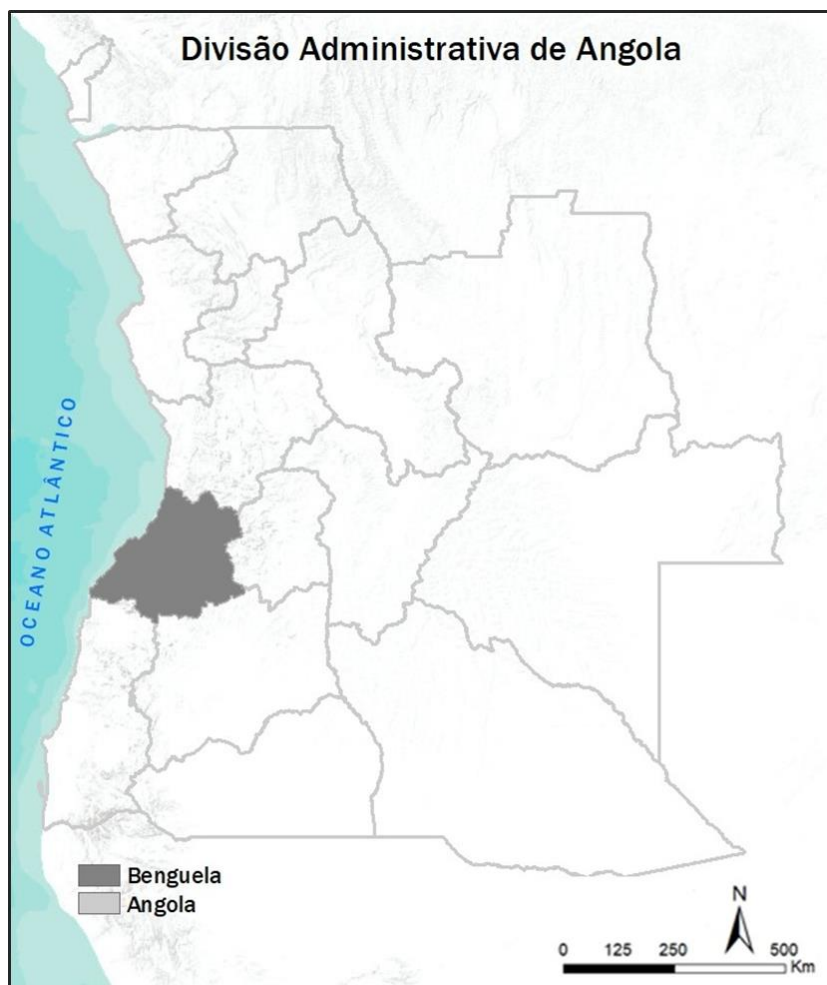
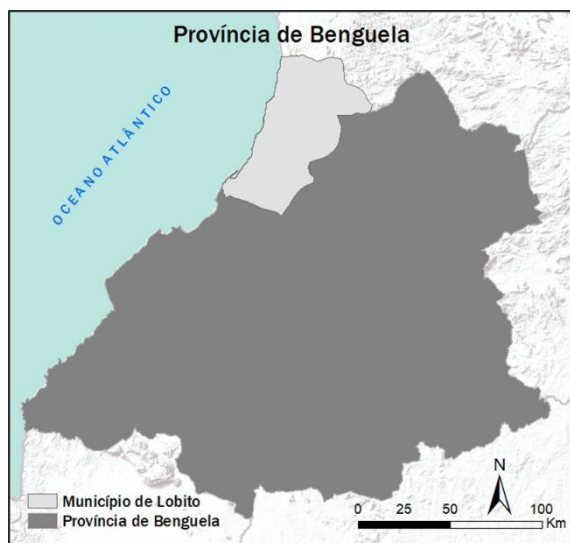


Figura 4. Enquadramento da área em estudo

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística de Angola (INE), o município do Lobito no ano de 1975 tinha uma população de 22 mil/hab e de acordo com o censo 2014, possui cerca de 324 050 mil/hab (quadro 3). A zona com maior crescimento urbano tem sido a zona alta da cidade, onde é possível verificar mudanças no uso/ocupação do solo resultante de diversos factores, nomeadamente o crescimento urbano registado nas últimas décadas e a grande dinâmica populacional; a inexistência de um Plano Director Municipal (PDM) e a não aplicação das diretrizes que regem o ambiente, o planeamento e o ordenamento do território é um contragimento ao desenvolvimento.

Tabela 3. População residente no município de Lobito

Censo	População residente (hab)	Densidade populacional (h/km²)
1975	22 000	-----
2014	324 050	221

Fonte: INE, 2014

I.3.2. A Zona de Convergência Intertropical- ZCIT

Mendes *et al.*, (2000) definiram, a ZCIT como sendo um sistema de ar quente e húmido que circunda a faixa equatorial do globo terrestre. A ZCIT é de extrema importância nos sistemas meteorológicos que interagem nos trópicos e é parte integrante da circulação geral da atmosfera (fig. 5).

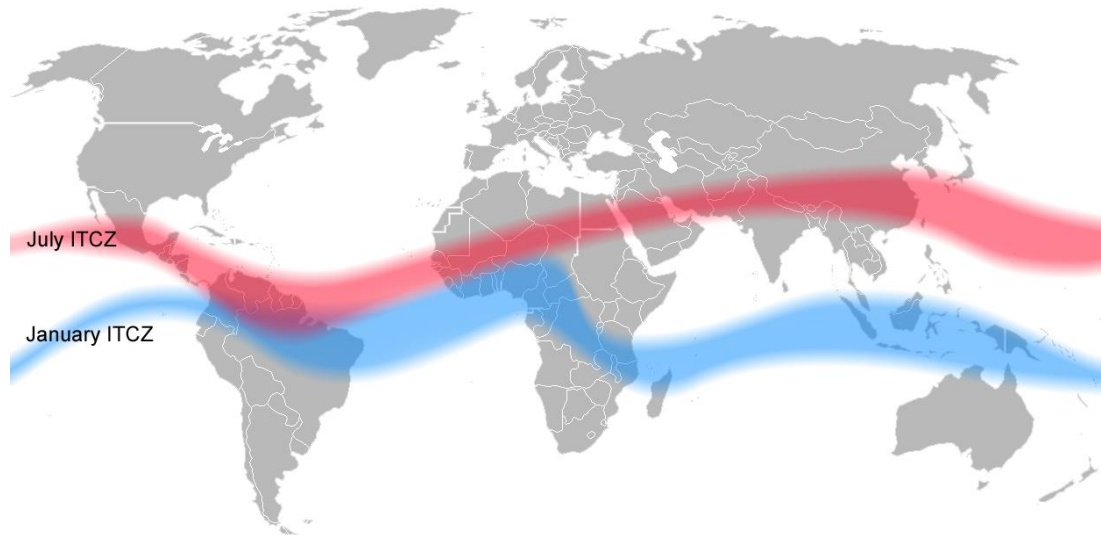


Figura 5. Posicionamento da Zona de Convergência Intertropical nos meses de julho e janeiro; **Fonte:** (exploringafrica.matrix.msu.edu)

A região da ZCIT possui características atmosféricas e oceânicas marcantes de interação entre vários sistemas nomeadamente a Zona de Confluência dos ventos Alísios (ZCA), Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar (TSM), a Zona de Máxima Convergência de Massa e Zona da banda de Máxima Cobertura de Nuvens Convectivas, todos exercendo a sua influência sobre a faixa equatorial dos oceanos (Mendes *et al.*, 2000; Ferreira, 1996; Uvo, 1989; Uvo e Nobre, 1989).

A formação da ZCIT está relacionada com o movimento vertical oriundo da actividade convectiva (movimento ascendente/descendente de matéria em fluído) de tempestades, provocadas pelo aquecimento solar (Mendes *et al.*, 2000). A ZCIT, no sentido ascendente funciona tendo em conta a célula de Hadley que muitas vezes é movimentada pelo transporte de calor que atinge as regiões equatoriais, deslocando-se para as latitudes superiores e no sentido descendente funciona devido à cintura subtropical de alta pressão (Mendes *et al.*, 2000; Citeai *et al.*, 1988 a e b).

A ZCIT tem influência na precipitação que se observa sobre os continentes africano, americano e asiático (Citeai *et al.*, 1988 a e b). A influência da ZCIT nos continentes é bastante marcante principalmente no Oceano Índico (Ferreira, 1996). Na área dos Oceanos Atlântico e Pacífico, a influência da ZCIT tem sido em função dos continentes que têm menor influência dos ventos alísios, os ventos do Leste afastam as águas superficiais quentes para o Oeste, todavia fazem que a termoclina submerja para Leste (Ferreira, 1996).

Na figura 6, está representado o período de ocorrência de chuvas em África. Este fenómeno, ocorre devido ao movimento da ZCIT para o Hemisfério Norte nos meses de junho, julho e agosto e, entre setembro e abril que atrai as chuvas para Angola quando a ZCIT se encontra sobre o território angolano (Ngolo, 2014).

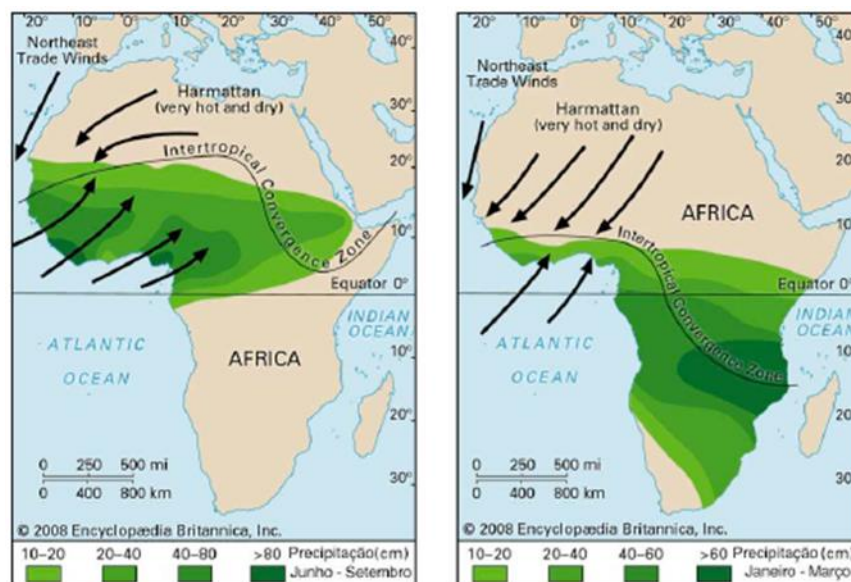


Figura 6. Posicionamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical no continente africano. (a) verão no Hemisfério Norte (b) Verão no Hemisfério Sul. **Fonte:** adaptado por Schukin (2012)

A distribuição global dos continentes, influencia os sistemas de ventos de grande escala nos trópicos e determina onde a termoclina é rasa. Esta tem sido uma das principais causas para que uma parte do Oceano Pacífico e do Atlântico apresentem uma região favorável à interação ar-mar, provocando assimetrias climáticas (Mendes *et al.*, 2000; Uvo e Nobre, 1989).

A influência dos continentes no posicionamento da ZCIT faz que a radiação solar média anual no topo da atmosfera seja simétrica em relação ao equador. Alguns autores como (Mendes *et al.*, 2000; Xie, 1998) alegaram a existência de uma assimetria na distribuição terra-mar na região do Oceano Índico, provocando o deslocamento da ZCIT na direção Norte e Sul do hemisfério. Como se observa nas figuras 7 e 8, apesar destas características interagirem próximo da zona equatorial, não são apresentadas ao mesmo tempo sobre a mesma latitude.

A ZCIT está estreitamente relacionada com a Zona de Máxima Temperatura da Superfície do Mar TSM, a ZCIT está situada sobre as altas TSM. Portanto, nas figuras 7 e 8, observa-se a relação entre a distribuição geral das TSM no Atlântico Tropical e a precipitação, na qual as TSM mais quentes do Atlântico Sul Tropical e mais frias no Atlântico Norte Tropical estão associadas ao período chuvoso no Nordeste do Brasil e os ventos alísios do Sudeste que sopram a Sul da faixa equatorial mais intensos do que os ventos alísios do Nordeste. Isto faz que quando os ventos alísios do Sudeste se cruzam na faixa equatorial acabam por sofrer desvio para a direita por causa das forças de Coriolis que passam a soprar para sudeste e chegam a reduzir a intensidade dos ventos alísios do Nordeste que são provenientes de regiões com altas temperaturas no Atlântico Norte.

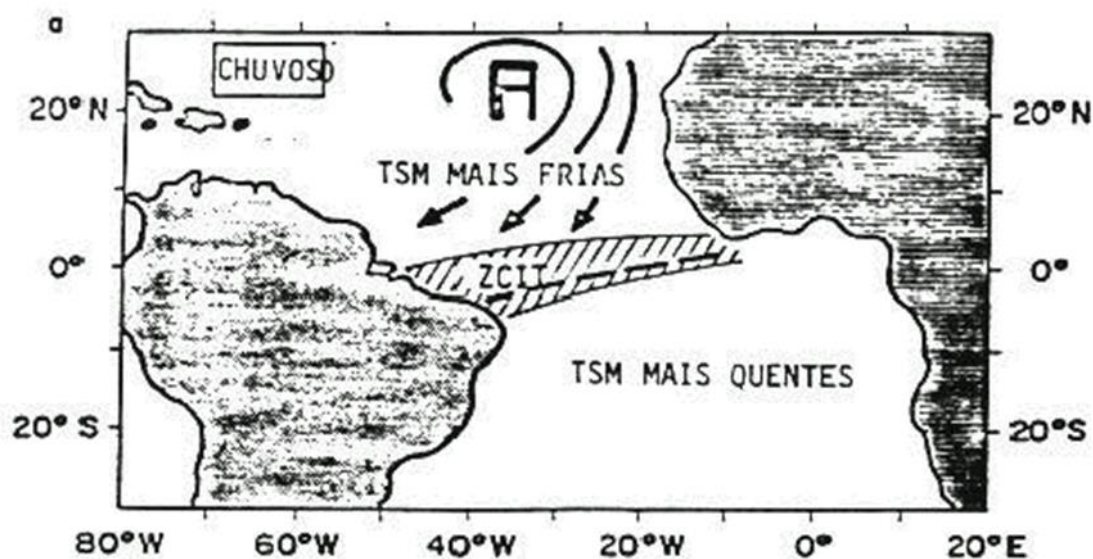


Figura 7. Interação da ZCIT com a TSM no período chuvoso no NNE; **fonte:** adaptada por Nobre e Molion (1986)

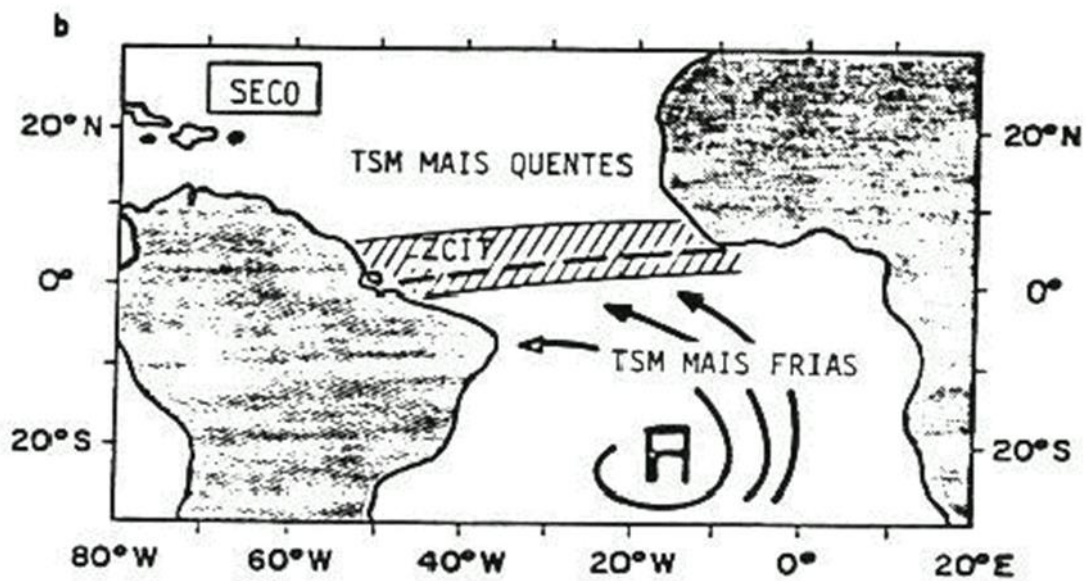


Figura 8. Interação da ZCIT com a TSM no período seco no NNE; **fonte:** adaptada por Nobre e Molion (1986)

I.3.3. Caracterização Climática

O território possui duas estações climáticas nomeadamente: (i) uma com clima seco e frio, onde as temperaturas médias variam entre 15 a 20 °C; (ii) outra quente - o cachimbo que apresenta maior precipitação e na qual as temperaturas médias variam entre 20 a 25 °C (Matonne, 1953). A período seco/frio, ocorre, oficialmente entre 15 de maio e 15 de agosto corresponde ao período entre maio a agosto com temperaturas moderadas e a período chuvoso se verifica entre setembro a abril com elevadas temperaturas.

Cruz (1940) refere que, a temperatura média do mês mais quente é de 29 °C e a temperatura média anual varia entre 23 °C a 24 °C e, as médias totais pluviométricas anuais variam entre 100mm a 250mm, e a humidade relativa apresenta valores médios anuais superiores a 75 %. A província de Benguela, do ponto de vista climático enquadra-se na área do clima tropical seco com bastante variação, sendo que, o clima quente e seco localiza-se na faixa litoral apresentando assim valores elevados ao longo do ano devido à aridez e à humidade relativa (Minua, 2006). A faixa interior subplanáltica que corresponde ao mesotérmico faz que a sazonalidade de precipitação se manifeste no regime hídrico.

Segundo a classificação de Köppen, a província de Benguela é conhecida por possuir clima quente semiárido e apresenta elevadas temperaturas médias mensais e anuais superiores a 25 °C, com baixa amplitude térmica e escassez de precipitações. Cruz (1940) refere que, as maiores precipitações na cidade verificam-se entre os meses de outubro e abril, coincidindo com o período quente e os meses menos chuvosos encontram-se no período entre maio e setembro e coincidem com a período mais frio e seco.

A região do Lobito, possui uma importante diversidade climática que resulta da conjugação da latitude com o relevo, dos efeitos da Correntes Frias de Benguela e do factor de continentalidade. O clima do Lobito sofre influência da corrente fria de Benguela, que regula a temperatura e aumenta a secura na área. É uma corrente movida pelos ventos frios de SE, que banham a Costa Ocidental da África, desde o Cabo da Boa Esperança (Cidade de Cabo na África do Sul), passando pela Costa dos Esqueletos (no Noroeste da Namíbia) e pela Costa Angolana até próximo do Equador (Guerreiro, 2010).

Vira bruscamente para o Oeste e acaba se transformando na corrente Equatorial Sul (Paulo, 2011).

A corrente fria de Benguela está associada a uma corrente ascendente de águas frias (*upwelling*) e favorece o afloramento de substâncias nutritivas e ao mesmo tempo é responsável por condições áridas e semiáridas na região sudoeste de Angola. A corrente não é muito forte entre janeiro e abril, porque, durante este período ocorre maior precipitação e as águas atingem uma salinidade baixa. Apesar da aridez, a humidade relativa do ar apresenta valor médio anual superior a 75% (Matias, 2013). Todavia, a Corrente Fria de Benguela na Costa Atlântica angolana tem se manifestando através das condições desérticas da Costa dos Esqueletos, das condições climáticas (semiáridas) do Namibe, dos nevoeiros persistentes ao longo da costa meridional angolana. Nesta região, podemos localizar terras áridas que são submetidas à degradação ecológica manifestada pela deteriorização da franja vegetal, da salinidade das terras e da erosão hídrica.

I.3.4. Temperatura e Precipitação

Na figura 9, são apresentados os valores das temperaturas e precipitações médias mensais dos últimos 30 anos no Lobito.

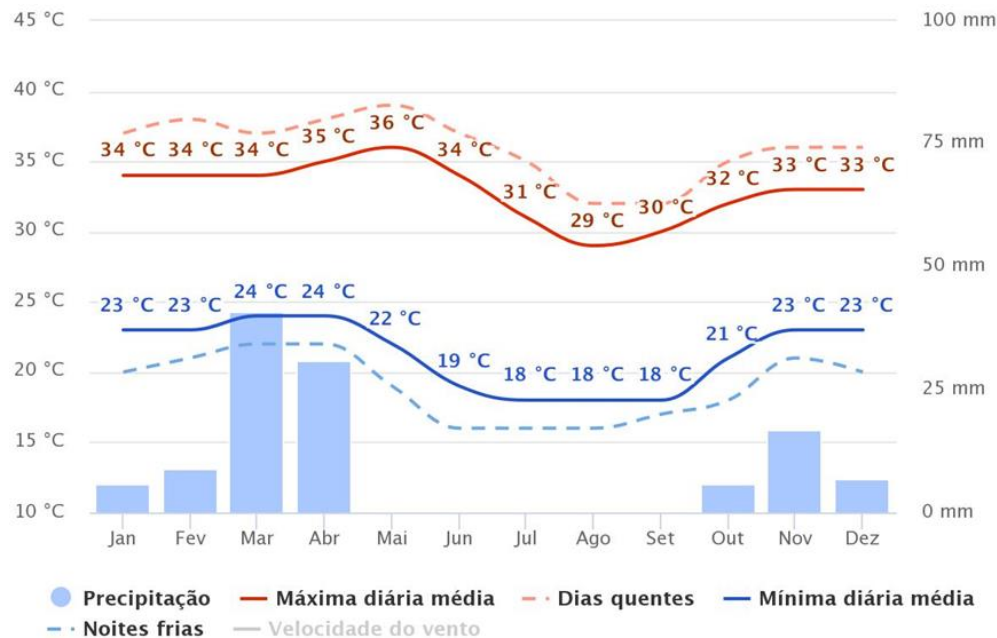


Figura 9. Temperaturas e precipitações médias no período seco e chuvoso no Lobito; **fonte:** Meteoblue (www.meteoblue.com)

As temperaturas máximas médias ocorreram nos meses de abril e maio (35°C e 36°C), baixando para 29/30°C no período frio/seco (agosto e setembro). As precipitações variam entre 50 mm a 85 mm. As temperaturas mínimas médias mais elevadas foram registadas no período chuvoso (de janeiro a abril) e dezembro (23°C) e as temperaturas mínimas diárias mais baixas foram registadas no período seco e rondaram 18 °C. As precipitações variaram entre 20 e 45 mm.

Na figura 10, são apresentadas as temperaturas máximas do Lobito. A figura mostra-nos a frequência dos dias em que são atingidas determinadas temperaturas.

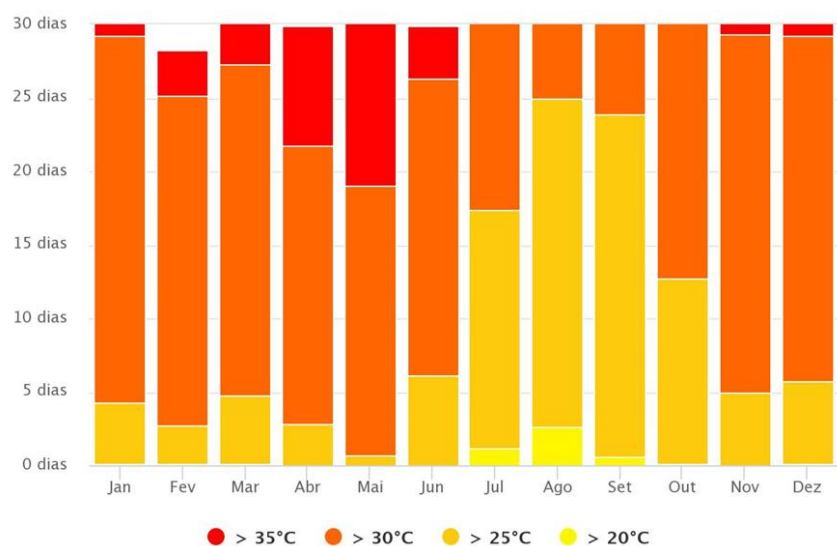


Figura 10. Temperaturas máximas no Lobito; **fonte:** Meteoblue (www.meteoblue.com)

As temperaturas máximas do Lobito no tempo chuvoso atingem valores superiores a 35 °C e, no tempo seco/frio, tendem atingir valores iguais ou superiores a 20 °C. Logo, o mês mais frio é julho com temperaturas médias de cerca de 20 °C e os meses mais quentes são março, abril e maio com temperaturas acima dos 35 °C.

Na figura 11 são apresentadas as quantidades de precipitação e o valor mais alto atinge os 50mm, sendo os meses de março, abril e novembro os que apresentam aumentos na quantidade de precipitação.

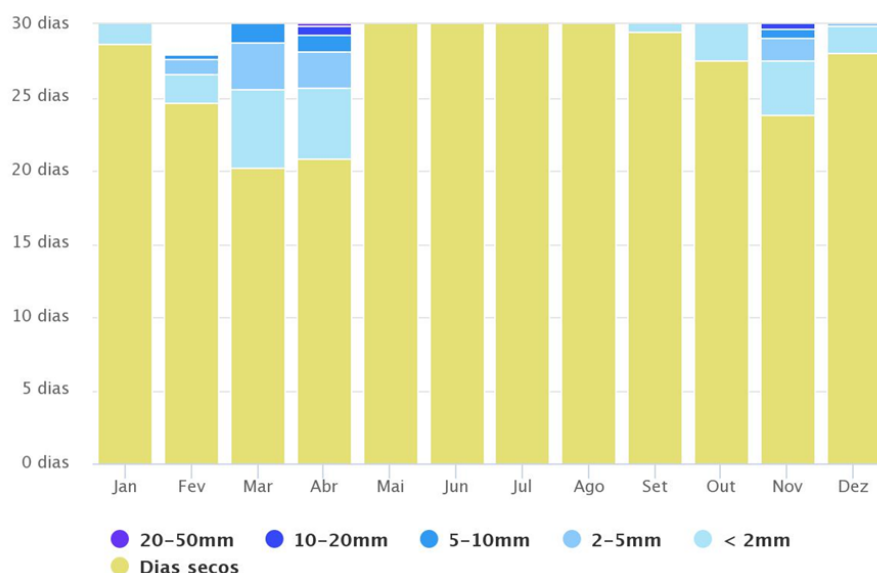


Figura 11. Quantidade da precipitação no Lobito; **fonte:** Meteoblue (www.meteoblue.com)

I.3.5. Velocidade e direcções dominantes do Vento

O vento local depende sobretudo (mas não só) da topografia. O vento no período seco apresentou velocidades entre 0,1 a 9,9 km/h e, no período quente, a velocidade variou entre 0,1 a 10,5 km/h (fig. 12). O dia 20 de outubro foi considerado o dia de vento mais forte do ano com velocidade média de 10,5 km/h e o dia 16 de abril foi o dia de menos ventos, com velocidade média de cerca de 9 km/h, sendo que o sentido do vento neste período seco predominante a Leste.

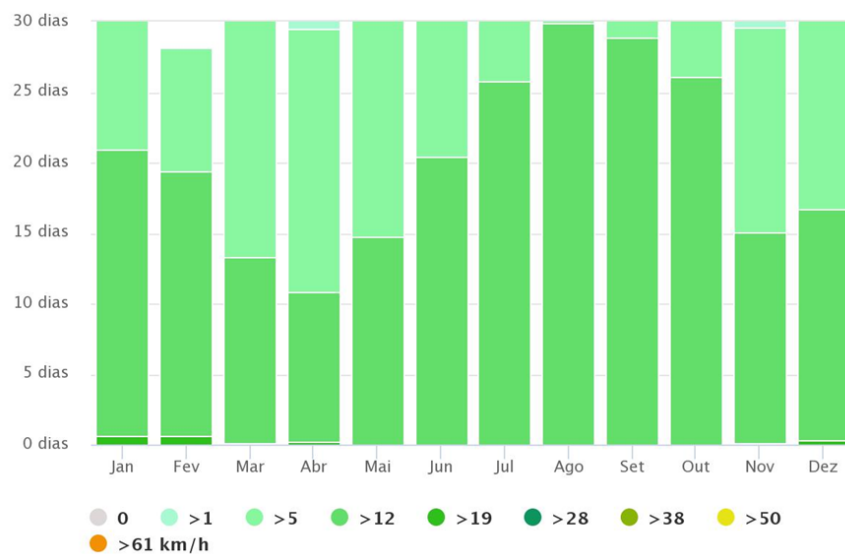


Figura 12. Velocidade do vento no período seco; Fonte: Meteoblue (www.meteoblue.com)

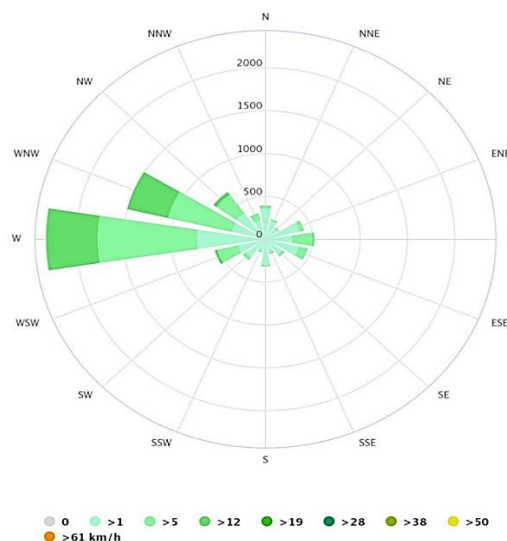


Figura 13. Rosa dos ventos no período seco; Fonte: Meteoblue (www.meteoblue.com)

Capítulo II. Metodologia e Dados

Neste capítulo é descrita a metodologia seguida, a origem dos dados utilizados (*Local Climate Zones*, imagens de satélite) e os modelos obtidos que ajudaram a compreender a influência da temperatura no clima urbano e no conforto térmico na região. O desenvolvimento do presente trabalho consistiu nas etapas resumidas no esquema metodológico da figura 14.

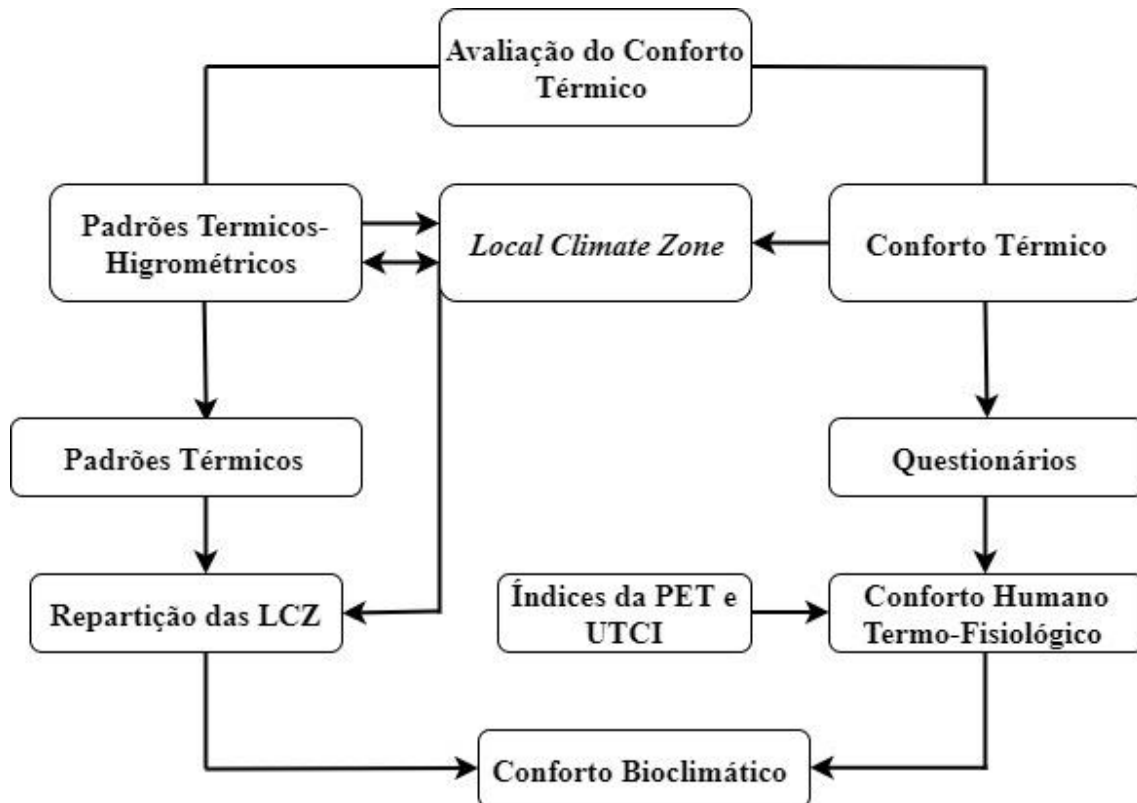


Figura 14. Esquema das principais etapas de trabalho

II.1. Local Climate Zones

Os procedimentos metodológicos², para a elaboração dos mapas das LCZ encontram-se disponíveis no *site* do projeto da *World Urban Database and Access Portal Tools* (WUDAPT). Este projeto é universal, simples e objectivo e serve de protocolo global para obter informações sobre a forma e a função das cidades, usando imagens de satélites e *software* aberto (*System for Automated Geoscientific Analyses- Geography Information System* (SAGA-GIS)).

Os produtos extraídos do WUDAPT estão categorizados em três níveis (Mills *et al.*, 2015): (i) o nível 0 (zero) descreve a paisagem urbana através da classificação das LCZ (Stewart e Oke, 2012), este tipo de LCZ revela uma descrição neutra da paisagem urbana tendo por base os efeitos na temperatura do ar; (ii) no nível 1, os parâmetros são refinados no espaço de cada LCZ numa escala detalhada, neste nível as informações da forma e função urbana são fornecidas em forma tridimensional; (iii) no nível 2, os dados são mais refinados e fornecem parâmetros com características morfológicas urbanas, geometria dos edifícios e materias de construção (See *et al.*, 2015).

Para a classificação das LCZ na presente investigação, optámos por utilizar o nível 0. Segundo Bechtel *et al.*, (2015) usar este nível no progresso da WUDAPT apresenta vantagens, porque (i) descreve os dados de uma cidade em termos de vizinhança e identifica as partes da paisagem natural e urbana que tipificam os tipos de LCZ; (ii) as imagens do Landsat-8 extraídas na plataforma são ideais, pois não contém nuvens que servem para analisar as informações e a (iii) as áreas de treino são utilizadas para classificar as cidade em termos de vizinhança e constitui e utiliza o esquema das LCZs proposto (Stewart e Oke, 2012).

Stewart e Oke (2012) prepuseram um método para superar a classificação dicotómica das áreas rurais e urbanas. Este, oferece-nos uma melhor categorização para os locais de medição, devido aos seus critérios e suas características microclimáticas. O método de Bechtel *et al.* (2015) baseia-se em dados multitemporais de DR e em métodos modernos de *Learning Machine*, usando o recurso do *System for Automated Geoscientific*

² <http://www.wudapt.org/>

Analyses- Geographic Information System (SAGA-GIS) para gerar o mapa. O método Lelovics-Gál (Lelovics *et al.*, 2014) que é considerado uma ferramenta de *software* automático baseada em GIS, cujo método utiliza diferentes parâmetros da estrutura urbana como por exemplo altura do edificado, SVF, fração de edifícios, vegetação, áreas construídas, albedo adquiridos de diferentes fontes (por exemplo, imagens de satélite e aéreas, bancos de dados de construção 3D, bases de dados rodoviários e mapas).

A metodologia obedece aos seguintes passos:

- (i) Pré-processamento dos dados de satélite Landsat 8: neste passo é importante seleccionar dados com menor percentagem de cobertura de nuvens. Os dados por nós capturados apresentam uma resolução espacial de 30m.
- (ii) As assinaturas/polígonos que representam a área de uma determinada classe da LCZ e que foram criadas no Google Earth (kml). “A quantidade e o número de assinatura das LCZ influenciam directamente na qualidade da análise, logo minimizam o erro causado pelo julgamento subjetivo” (Ren *et al.*, 2016, Anjos, 2017).
- (iii) Depois do pré-processamento feito, os dados Landsat 8 e as assinaturas são importadas para o *software* livre *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA-GIS), que possui capacidades de Detecção Remota e Sistemas de Informação Geográfica. A classificação supervisionada foi realizada no SAGA-GIS e, de seguida são atribuídos os valores das características das LCZ. “o algoritmo *random forest* gera vários grupos (*decision*) de “árvores” com as características das superfícies extraídas dentro e fora das assinaturas e combina o resultado para atribuir probabilisticamente tipos de LCZ para cada célula” (Bechtel *et al.*, 2015; Anjos, 2017).
- (iv) O resultado da classificação é um arquivo no formato grid (kml) que pode ser revisto para um maior pormenor do mapa da LCZ podendo-se registar as etapas I e II.

No caso do primeiro resultado ser incoerente ou fraco, devemos melhorar as LCZ seguindo outros passos como:

- (i) Pré-processamento de dados Landsat: correcção atmosférica (foram aplicadas às imagens Landsat as imagens).
- (ii) Digitalizar as áreas de formação: neste ponto as áreas representativas da classe LCZ são seleccionadas por polígonos como amostras as áreas de treino e guardar no formato kml.
- (iii) Classificação no SAGA_GIS: no ponto da classificação as imagens pré-processadas e as áreas de treino seleccionadas de todo o GPRD foram inseridas no SAGA_GIS e daí foi gerado o mapa da LCZ da região do Lobito.
- (iv) Extração da cidade dentro da região: os limites administrativos do município foram usados para extrair a região de forma separada e o mapa da LCZ da região do Lobito.

Os dados Landsat-8, foram obtidos através do (*Portal Earth Explorer da United States Geological Survey*)³ e os períodos de recolha dos dados são apresentados na (tabela 4). As imagens foram geometricamente corrigidas para o sistema de referência WGS84 e a projecção UTM, Zona 33 Sul. Foram excluídas as bandas (8 e 9), e os dados de entrada e operação no ambiente foram arquivados em (kmz) com as assinaturas das LCZs.

Tabela 4. Dados usados nesta pesquisa

Sensor	Path/Row	Datas	Fonte	Formato	Sistemas de Referência	Resolução Espacial (m)
Landsat 8 TIRS/OLI	182/69	24/08/2017	NASA	Raster	WGS84	30
Limites administrativos provinciais e municipais.		2012	ISCED	Vectorial	WGS84	

³ USGS EarthExplorer: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

De seguida, foi realizado um pré-processamento das imagens de satélite Landsat-8 com uma resolução de 30 m e posteriormente foram geometricamente corrigidas para a região do Lobito. Nas regiões de interesse, foram digitalizadas as assinaturas (*training áreas*) de acordo com as LCZs. A assinatura é um polígono criado no *Google Earth* (kml) que representa a área correspondente a uma determinada classe da LCZ, e considera a compacidade dos elementos físicos (edifícios, zonas industriais, solo exposto, vegetação e corpos de água) e o tipo de superfície do território.

O sistema de classificação das LCZ, deriva de uma divisão lógica da paisagem hierarquizada de subclasses, apresentando um sistema apropriadamente determinado, dimensionado e universal em princípios de cobertura superficial (tipo de construção, humidade do solo e albedo), estrutura da superfície (sky view factor SVF), altura média dos prédios e a razão H/W) e a atividade antrópica (fluxo de calor antropogénico) (Stewart e Oke, 2009). Baseia-se também nas características térmicas das áreas urbanas, que estão ligadas à alteração do clima nas áreas urbanas e nas ilhas de calor urbano (Stewart e Oke, 2012; Stewart 2011).

As LCZ, constituem um esquema de classificação sistemática das paisagens (naturais e urbanas) em categorias fundamentadas em propriedades de superfícies relevantes para o clima. Atualmente, o clima urbano é visto como sendo uma área científica em rápido crescimento e, para tal, são aplicados padrões que possam garantir a comparabilidade dos resultados em vários territórios.

As categorias usadas na classificação que divide a paisagem urbana são compostas por 17 padrões térmicos, sendo que dez correspondem aos tipos de cobertura de superfície urbana e sete correspondem às categorias naturais e, em cada uma delas é representada pela escala do bairro ou local (fig. 15). Estas, estendem-se por centenas de metros a vários quilómetros em escala horizontal ($> 1\text{km}^2$) (ver tabela 5). Na figura 16 são apresentados os exemplos de definição das assinaturas espectrais com base a classificação das LCZ.

Tabela 5. Tipos de *LCZs*; **Fonte:** Adaptado de Stewart and Oke (2012)

Tipos de LCZ	Tipo de construção	Tipos de LCZs	Tipo de uso do solo
LCZ 1	Ocupação compacta e edificações elevadas	LCZ A	Vegetação densa
LCZ 2	Ocupação compacta e edificações médias	LCZ B	Vegetação espaçada
LCZ 3	Ocupação compacta e edificações baixas	LCZ C	Arbustos isolados
LCZ 4	Ocupação aberta e edificações elevadas	LCZ D	Plantação rasteira
LCZ 5	Ocupação aberta e edificações médias	LCZ E	Rocha exposta ou superfície pavimentada
LCZ 6	Ocupação aberta e edificações baixas	LCZ F	Solo exposto ou arenoso
LCZ 7	Ocupação desordenadas e edificações baixas	LCZ G	Corpos d'água
LCZ 8	Grandes compartimentos e edificações baixas		
LCZ 9	Ocupação espaçada com edificações isolados		
LCZ 10	Zonas industrial		

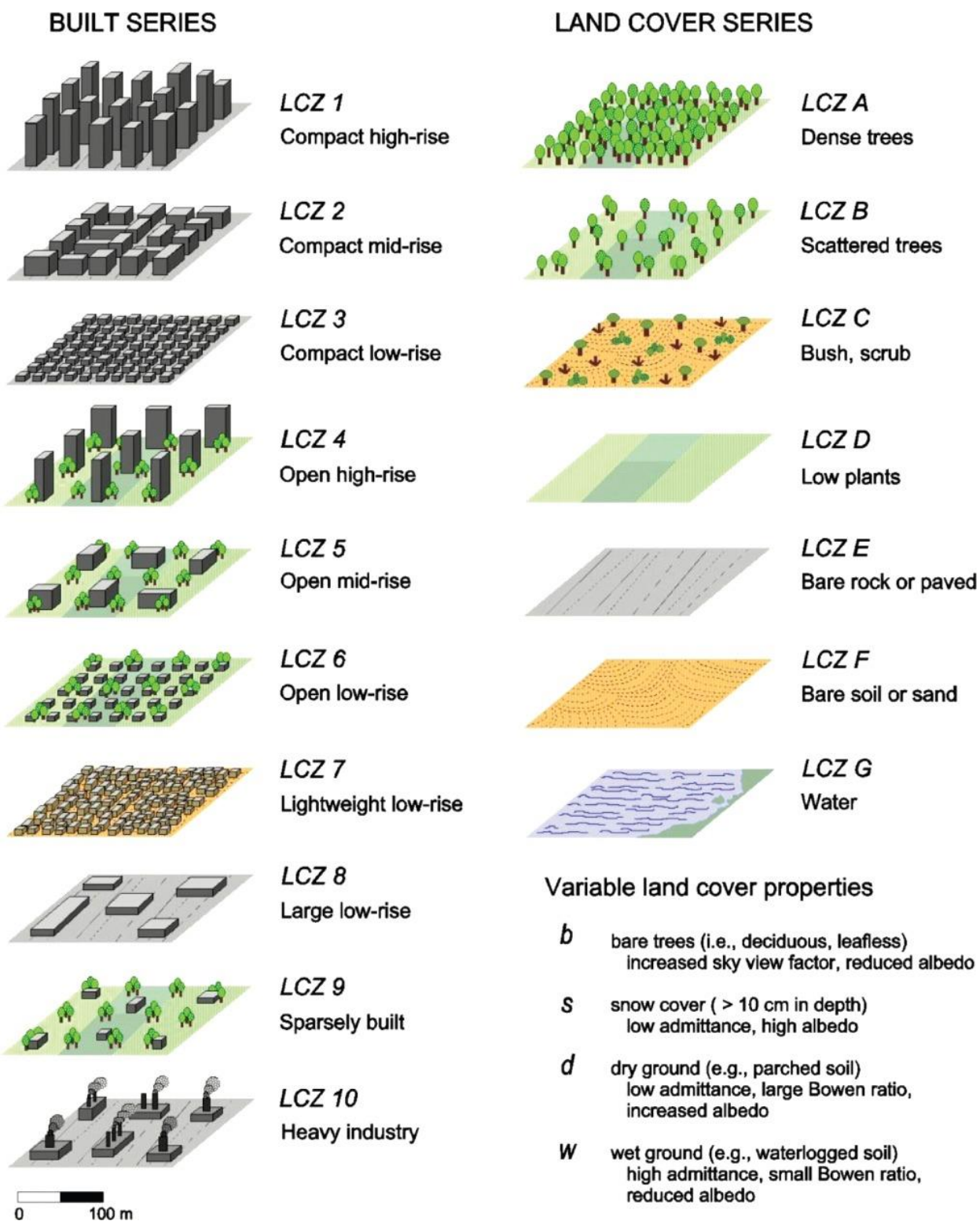


Figura 15. Esquema da classificação da LCZ em 17 classes padrão. Stewart e Oke (2012)

II.2. Medições Itinerantes e Equipamentos Utilizados

A presente pesquisa foi realizada na região do Lobito. Devido à ausência de registos de dados climáticos em ambiente urbano que traduzam as características microclimáticas de vários espaços construídos, procedeu-se à realização das medições itinerantes em diferentes pontos com o intuito de obter dados meteorológicos da cidade. Estas medições foram efetuadas ao longo de percursos previamente estabelecidos. As medições foram feitas a pé e de automóvel e recolhemos dados referentes à temperatura do ar; humidade relativa; velocidade do vento; direcção do vento e nebulosidade. As medições obedeceram às normas de companhias elaboradas noutros locais, como em Lisboa (Lopes *et al*, 2002). De acordo com as normas estabelecidas, o tempo do percurso entre o primeiro e o último local não deve exceder 1 hora, para que os valores obtidos decorram de diferentes tipos de morfologia urbana e da posição do lugar e não do ritmo de temperatura diária. Assim, foram recolhidos 77 pontos nos quais se observa dados sobre a temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento, nebulosidade. Os pontos foram recolhidos no intervalo de 7 dias no mês de janeiro de 2018 (fig. 16).

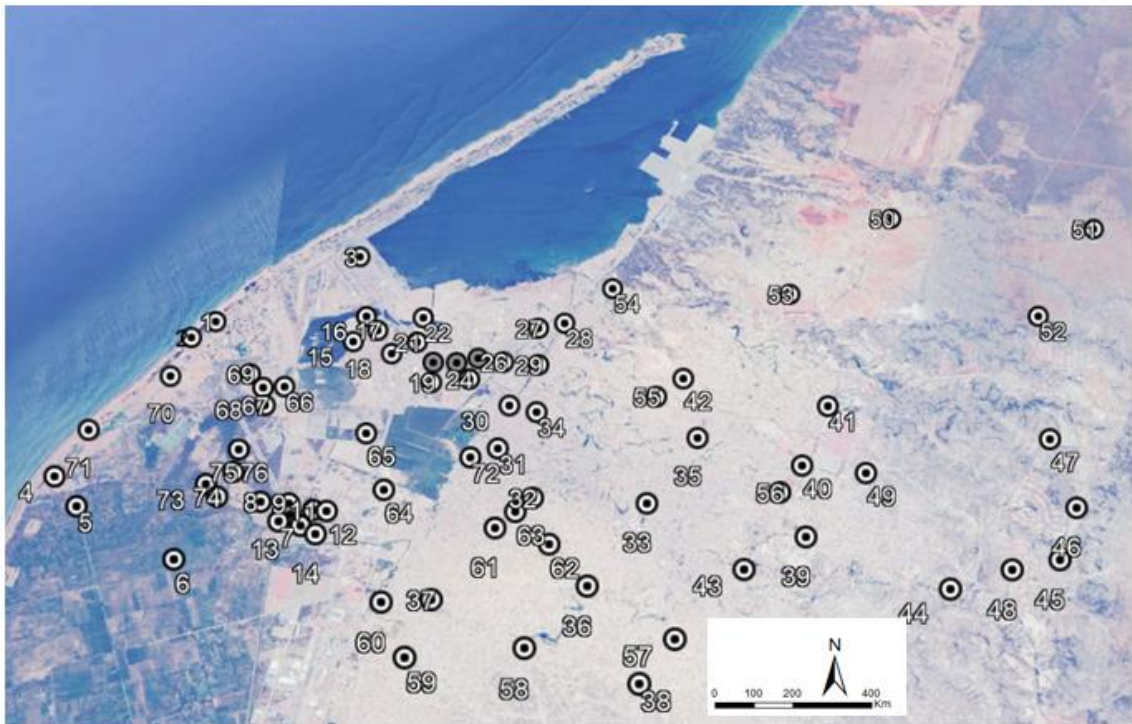


Figura 16 . 77 pontos das medições itinerante

As observações foram feitas de 5 em 5 minutos e no final de cada percurso foi necessário voltar ao ponto inicial e realizar novamente as medições, a fim de se verificar se houve aumento da temperatura durante os 60 minutos do percurso. Por fim, ajustamos os registos através da subtração dos valores medidos em cada ponto, o que resultou na variação temporal de temperaturas.

Tendo em conta as normas de campanhas, as medições devem ser efectuadas durante um determinado período, ou seja, num horário em que as temperaturas atingem os seus valores máximos, e evitando os horários onde a variação diária é mais rápida. No presente trabalho as medições foram realizadas em dois períodos (das 11h:00 às 14h:30 e das 17h:00 às 19h:00).

A recolha dos dados obedeceu a normas de protocolo importantes e que são de seguida descritos:

- (i) Preparação dos instrumentos (necessário deixa repousar por alguns minutos antes de efetuar o registo). Geralmente, o equipamento responde muito lentamente ao ambiente envolvente e por isso os valores devem estabilizar antes de serem anotados;
- (ii) Protecção do termómetro da radiação solar, para que não aqueça por causa da condução de calor;
- (iii) Devemos ter em conta que as várias medições devem ser efetuadas a 2m de altura do solo;
- (iv) Devemos afastar o mais possível os instrumentos do nosso corpo ou da viatura automóvel para evitar o efeito de abrigo, turbulência do vento ou aquecimento por contacto e condução de calor;
- (v) Devemos afastar o mais possível da influência directa das superfícies verticais e de árvores.

O registo de dados é também um dos pontos importantes nas medições itinerantes, isto quer dizer que, depois de observados os valores são anotados numa folha de dados previamente concebida para o efeito. Além das colunas onde são anotados os valores, a folha deverá conter espaço para anotar as características do local (orientação da rua,

presença de espaços verdes, tipos de pavimentação, características das fachadas, etc) condições gerais de insolação (sombra/sol), nebulosidade no momento da recolha, e outros elementos que sejam interessantes para poder explicar os valores registados.

Para a recolha de dados climáticos foram utilizados os seguintes aparelhos: (i) Anemómetro, (ii) termohigrómetro, (iii) a bússola. Os aparelhos acima referidos foram fornecidos pelo núcleo ZEPHYRUS do Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa (CEG-ULisboa).

Os aparelhos possuem características de alta confiabilidade, durabilidade e simplicidade de operação e se forem expostos ao sol ou à chuva poderão apresentar erros aquando do registo dos dados. Os dados da temperatura foram corrigidos antes de se efectuar o cálculo dos índices da PET e do UTCI.

Com a informação recolhida calculou-se a *Physiological Equivalent Temperature* Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) e o *Universal Thermal Climate Index* Índice Térmico Climático Universal (UTCI), tendo-se construído mapas do UTCI e da PET, humidade relativa e temperatura corrigida.

II.3. Questionários

Para a determinação do conforto térmico foram elaborados questionários na área de estudo (ver anexo 1). Os questionários sobre o conforto térmico (elaborado por Tzu-Ping Lin do Departamento de Arquitectura da Universidade Nacional de Cheng Kung em Taiwan na China) e traduzido para português por Max Anjos do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

Os questionários foram feitos em dois períodos (período seco e período chuvoso), no período seco foram feitos 300 questionários e no período chuvoso também foram feitos 300 questionários.

II.4. Observações de Temperatura e Correções da Temperatura Observada

O trabalho de campo decorreu entre 6 de janeiro de 2018 a 17 de janeiro de 2018 durante o período que é considerado período chuvoso no território de Angola. No dia 6 de janeiro de 2018 entre 12 horas e às 13 horas e 30 minutos, as medições foram realizadas no bairro do Compão, bairro da Cabaia, bairro da Luz e Delta do Catumbela. As medições realizadas revelaram que a temperatura do ar no bairro da Cabaia foi de cerca de 30.2 °C (valores mais elevados) e 27.7 °C (mais baixo). No local onde se fizeram as medições existem os seguintes elementos: suporte rodoviário (estrada de terra batida em mau estado de conservação); construções variadas (casas de piso térreo e alguns prédios de 3 andares); lagoas que restam de antigos mangais; o aeroporto do Lobito; zonas agrícolas, esta área sofre influência da brisa do mar e da corrente fria de Benguela. No dia 10 de janeiro entre as 11 horas e as 12 horas e 30 minutos, as medições foram realizadas no bairro da Luz e bairro da Caponte. A temperatura atingiu a 30°C e uma mínima de 27.2°C no bairro da Luz, que tem as seguintes características: Zona urbanizada; suporte rodoviárias estradas alcatroadas e em bom estado de conservação; abrange a zona baixa da cidade do Lobito, no entanto, este bairro apresenta baixo índice de arborização. No dia 11 de janeiro no intervalo das 12 horas e 14 horas e 15 minutos, as medições foram realizadas no bairro da Canata, bairro do Liro, bairro da Cavipa e bairro da Capereta. A temperatura dos bairros da Caponte e Canata atingiu uma máxima registada de 26.9 °C e uma mínima de 29.8 °C, nestes bairros as construções são variadas (casas normais e prédios de três e seis e 10 andares). O bairro da Caponte é uma zona urbanizada e o

suporte rodoviário apresenta estradas alcatroadas e em bom estado de conservação; escolas do primeiro nível, escolas do 1º e 2º ciclo do ensino secundário, centros comerciais e zonas industriais (Sonamet, Porto do Lobito). No bairro da Canata, apesar de fazer parte da zona baixa da cidade do Lobito ainda são visíveis construções de adobe, pau a pique, o suporte rodoviário de estradas e de terra batida e em mau estado. É nesta área onde se encontra a zona industrial do município do Lobito, os locais de mangais e salinas têm vindo a desaparecer, resultado das atividades antrópicas e tendo como consequências a transformação dessas áreas em zonas húmidas.

No dia 13 de janeiro, no intervalo das 12 horas às 14 e 30 minutos, as medições foram realizadas no bairro da boa Esperença, bairro 4 de abril, bairro 27 de março. A temperatura máxima registada foi de 27.5 °C e a mínima foi de 28.6 °C, no dia 15 e 16 de janeiro a temperatura do ar atingiu uma máxima de 31.8 °C e uma mínima de 25.3 °C. No dia 17 de janeiro, no período entre 11 horas às 13 horas e 15 minutos, a temperatura atingiu a máxima de 29.6 °C e uma mínima de 26 °C e das 13 horas às 14 horas e 25 minutos temperatura máxima foi de 31°C e a mínima foi 29.9 °C. Na zona alta da cidade, as características apresentadas são muito diferentes da zona baixa da cidade do Lobito, sendo possível verificar que neste local as áreas verdes de uso agrícola ou florestal deram origem a expansão urbana de forma desordenada, por causa da ausência de PDM e da aplicação de diretrizes que regem o ambiente, o planeamento e ordenamento do território.

É igualmente possível verificar que em relação à temperatura do ar observada, a zona baixa é mais quente que a zona alta. As temperaturas mais baixas, encontram-se nos pontos 16, 20 e 21, localizam-se no bairro da Caponte nas áreas urbanas, o ponto 27 localiza-se no quintal de uma casa no bairro da Liro, os pontos 40, 45 e 46 encontram-se localizados no bairro 27 de março. Estes locais apresentam características distintas, devido à presença dos materiais utilizados nas cidades como por exemplo, asfalto, casas cobertas de chapas de zinco, lusalite, betão entre outros, que possuem características de maior absorção do calor. Contudo, ao longo do período de recolha de dados, foi possível observar variações no comportamento em alguns pontos que se localizam na zona baixa da cidade. De seguida, foram ajustados os registos através da subtração dos valores medidos em cada ponto o que resultou a variação temporal de temperaturas como se pode observa nas figuras 17,18 e 19. Os dados de observação encontram-se no anexo II.

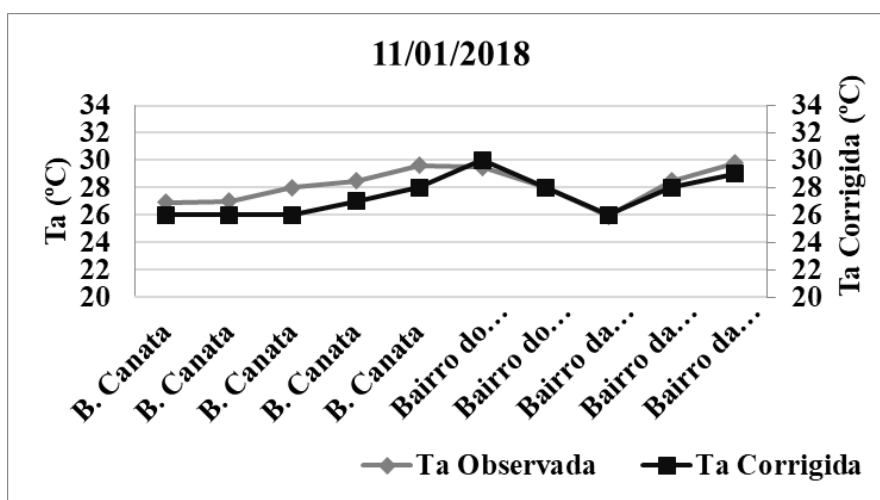
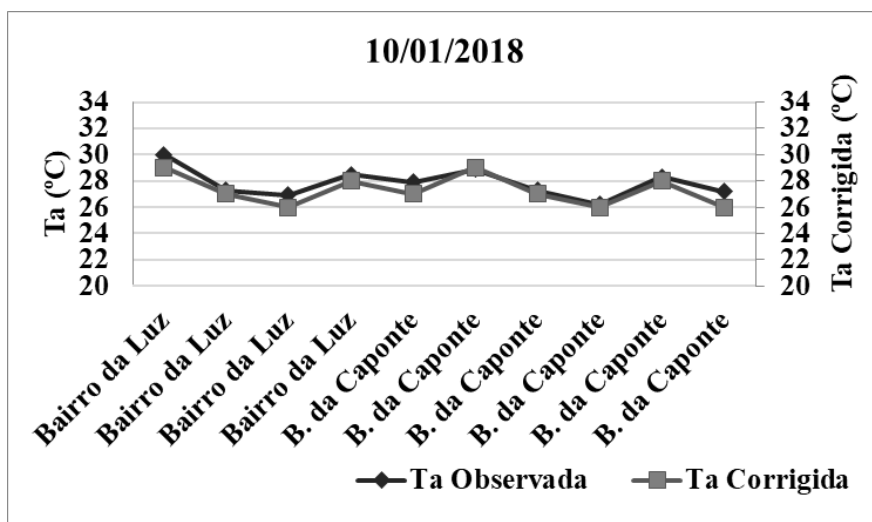
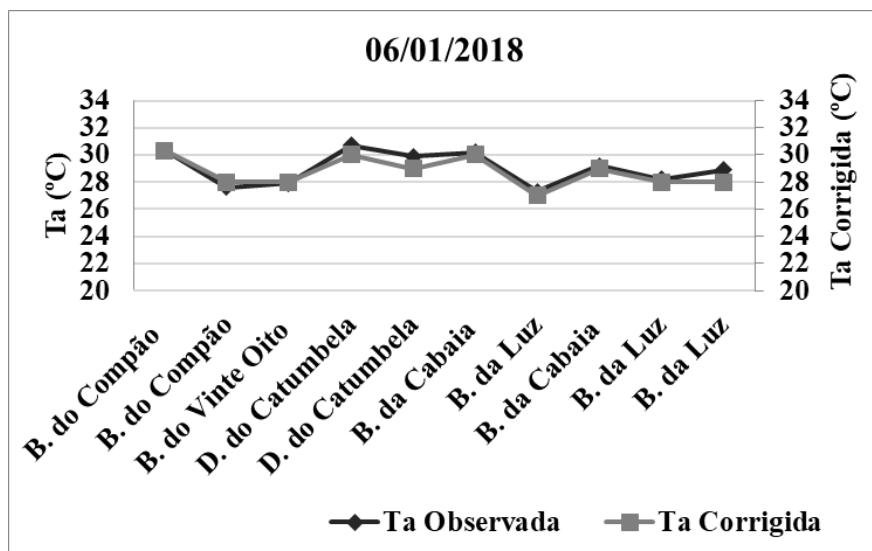


Figura 17. Variação da temperatura do ar observada (°C) e corrigida nos dias 6, 10, 11 de janeiro de 2018

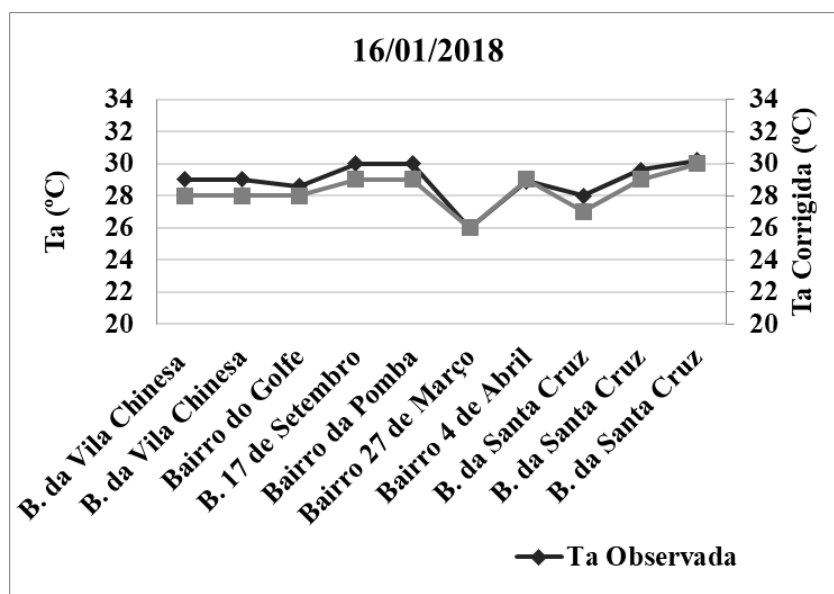
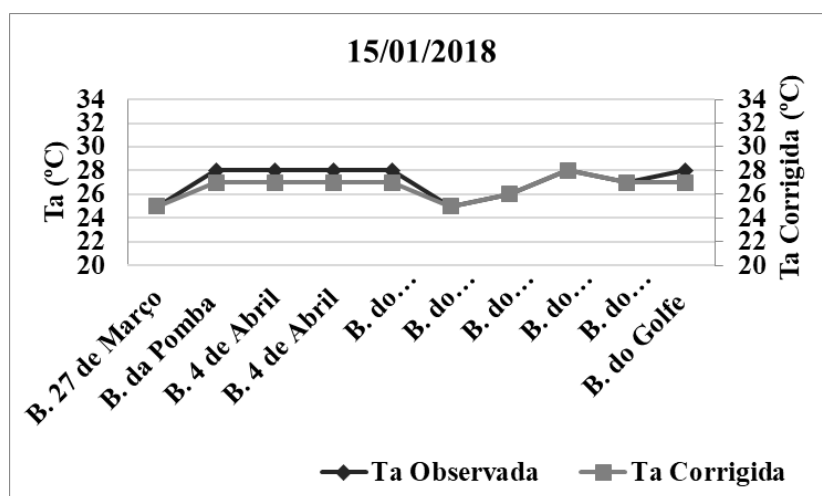
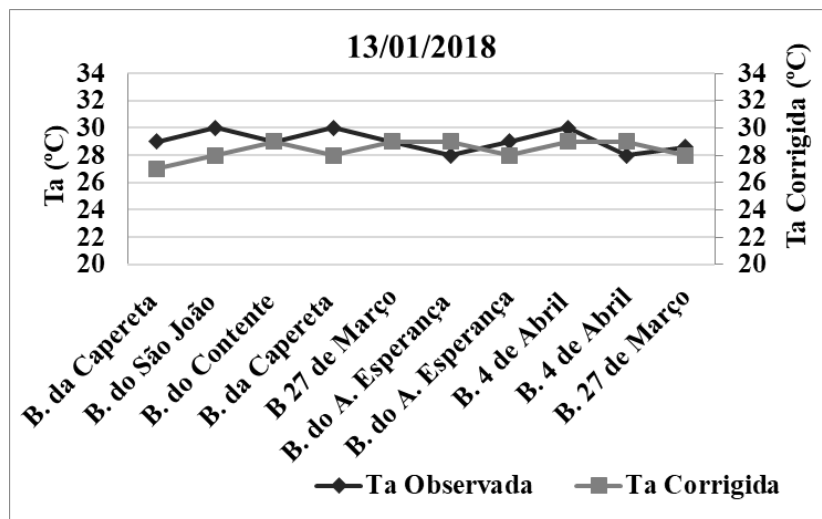


Figura 18. Variação da temperatura do ar observada (°C) e corrigida nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018

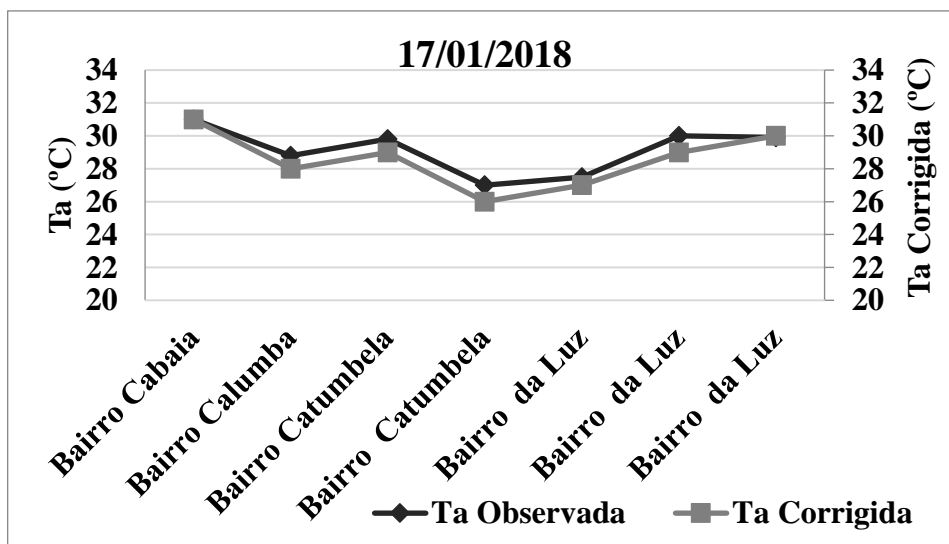
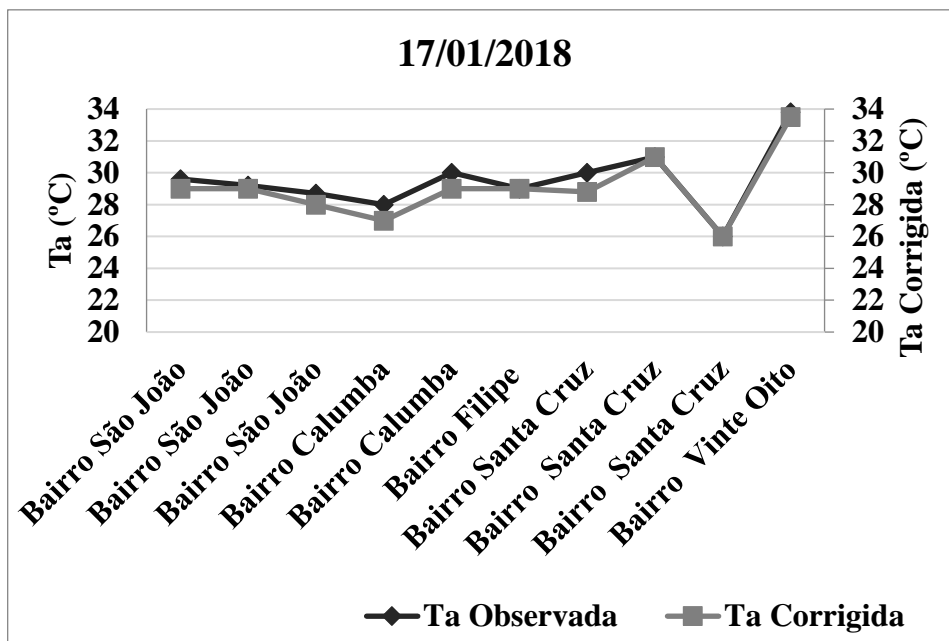


Figura 19. Variação da temperatura do ar observada (°C) e temperatura do ar corrigida nos dias 17 de janeiro de 2018

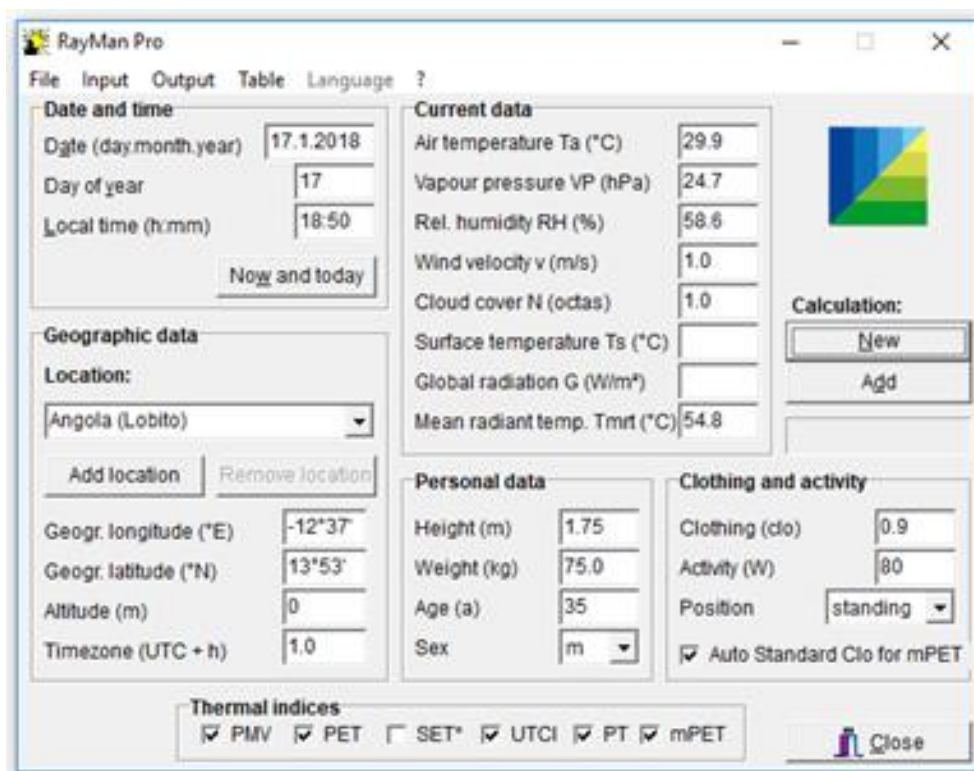


Figura 20. RayMan: Captura de tela da janela principal; **Fonte:** Matzarakis et al., (2007; 2010)

II.5. Índices de Vegetação do Lobito

O Índice de Vegetação (IV), foi utilizado para estimar as áreas verdes existentes na cidade. Este modelo, é resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites, usando as bandas do vermelho e do infravermelho próximo. O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) [1] é um indicador sensível da qualidade e condição da vegetação, no qual os valores variam no intervalo entre -1 e 1. Quando os valores são iguais ou abaixo do 0, significa que há ausência de vegetação nas superfícies que contêm água ou nuvens e valores próximos 1 para as áreas com maior vegetação.

O NDVI derivou de dados de satélite sensor OLI/TIRS (Landsat 8) e foi extraídos a partir do *Earth Explorer da United States Geological Survey*, as imagens correspondem ao período chuvoso e foram obtidas no dia 24.08.2017. Posteriormente, os dados foram projectados para o ponto de referência WGS84 e no sistema UTM, Zona 33S. O NDVI obtém-se pela seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [1]$$

Fonte: Rouse *et al.*, 1973

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) foi usado como variável que representa a malha verde presente na região, para poder obter a percentagem da vegetação que é tida como indicador indirecto do coberto vegetal presente ao nível do *pixel*, permitindo assim, a caracterização das áreas verdes.

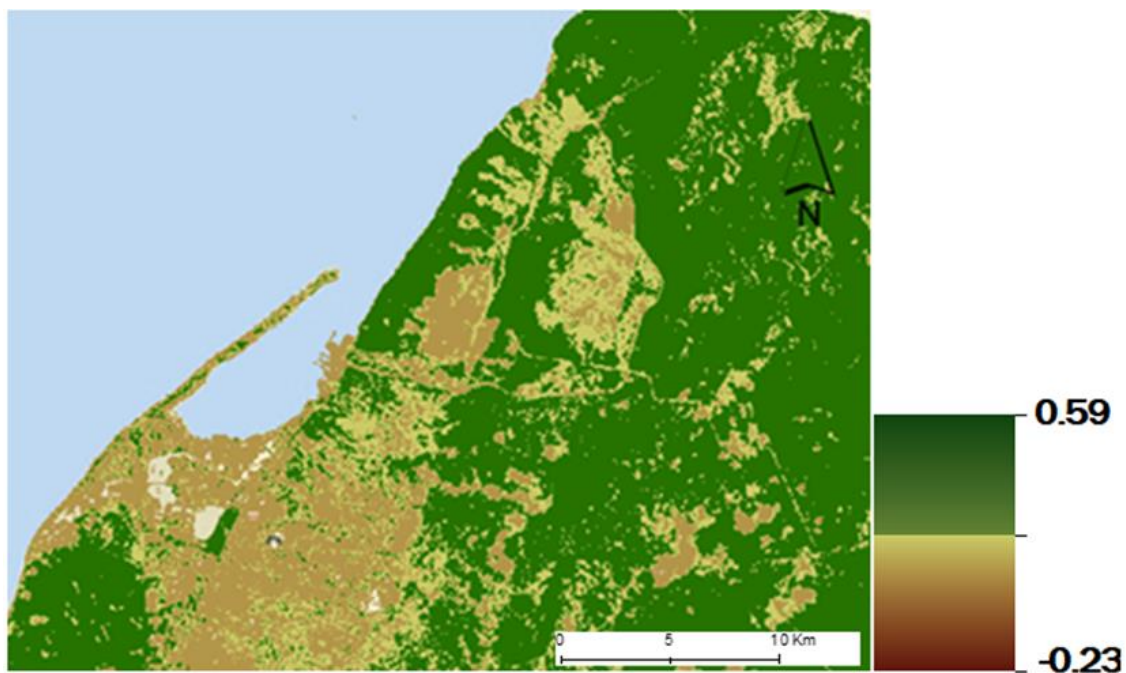


Figura 21. NDVI da região do Lobito

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) gerado a partir dos dados de detecção remota, constitui uma importante ferramenta para o controlo das alterações naturais ou antrópicas no uso e cobertura vegetal (Rouse *et al.*, 1973). A técnica do NDVI demonstrou eficiência na avaliação das variações de densidade das diferentes áreas verdes.

II.6. Software utilizado

Em qualquer análise de dados, a exploração dos dados recolhidos é necessária para termos a ideia de alguns padrões que nos são apresentados. Portanto, a distribuição dos dados e a forma como estes são apresentados é uma parte importante, numa primeira fase são escolhidos o tipo de análise estatísticas adequadas e de seguida verifica-se se os pressupostos teóricos exigidos na análise são adequados

Para o mapeamento das LCZ foram usados os dados Landsat-8. E o cálculo do conforto térmico, foi baseado nos resultados do cálculo da PET e do UTCI gerados no *software RayMan* versão 3.1 (Martzarakis *et al.*, 2007, 2010). O *software RayMan* é de simples utilização e tem sido bastante usado em vários estudos relacionados com o conforto térmico em áreas urbanas.

Para a construção dos mapas da PET e do UTCI, da humidade relativa e da temperatura corrigida recorreu-se a um dos estimadores geoestatísticos denominado de *Krigagem*. O *RayMan* tem a capacidade de usar dados meteorológicos para poder determinar a condição térmica fisiológica do indivíduo e avaliar o bioclima urbano por meio de índices térmicos como: a temperatura fisiológica equivalente (PET), índice térmico climático universal (UTCI). Contudo, a tela da janela principal do *RayMan* (fig. 20), permite introduzir outros factores que influenciam os cálculos de fluxos da radiação e da topografia.

Capítulo III. Resultados

III.1. Clima Urbano do Lobito

III.1.1. As Local Climate Zones da Região do Lobito

Um aspeto bastante importante e/ou desafiador na atualidade nos estudos do clima urbano, tem sido a forma de classificação das áreas urbanas e rurais. O desenvolvimento das LCZ tem sido útil na classificação do tipo de cobertura da terra em pequenas e grandes cidades ao nível do mundial.

A falta de informação sobre o clima em algumas regiões tropicais é uma realidade. Logo, houve a necessidade de explorar o potencial da classificação das LCZs para a definição das unidades de resposta climática homogénea e do estudo da ilha de calor urbano na cidade do Lobito. A cidade do Lobito apresenta um uso do solo misto, uma vez que a cidade é composta por bairros com estruturas urbanas diferentes, que podem dificultar a compreensão do clima local. Portanto, a utilização das imagens de Detecção Remota de alta resolução contribuiu para a elaboração e apuramento de um esquema mais vigoroso da região do Lobito.

Com base nas observações à superfície e na interpretação de imagens, na figura 23 são apresentadas as assinaturas espectrais. Na área de estudo foram encontradas 11 classes de LCZ relevantes: de ocupação compacta e edificações baixas (LCZ 3), ocupação aberta e edificações médias (LCZ 5), ocupação aberta e edificações baixas (LCZ 6), ocupação desordenadas e edificações baixas (LCZ 7), ocupação espaçada com edificações isoladas (LCZ 9), zonas industriais (LCZ 10), vegetação espaçada (LCZ B), arbustos isolados (LCZ C), plantação rasteira (LCZ D) e rocha exposta ou superfície pavimentada (LCZ E).

Os resultados dos padrões espaciais da classificação, usando as imagens Landsat 8, são apresentados na figura 24. As LCZ C e G foram as que apresentaram maior dimensão sendo a C representada pela classe dos arbustos isolados. A terceira classe com maior dimensão, corresponde a LCZ 7 que é composta por ocupações desordenadas e edificações baixas, a seguir, é representada a LCZ 9 que corresponde aos assentamentos espaçados, seguida da LCZ D, constituída por plantações com vegetação rasteira, a LCZ B que corresponde à vegetação espaçada, a LCZ 10 corresponde à categoria da zona

industrial, esta é seguida pela LCZ E que corresponde à classe da rocha exposta e superfície pavimentada.

É de referir ainda que, existem outras classes com menor representação compostas pelas LCZ3, e que são da categoria de ocupação compacta e edificações baixas, seguida da LCZ5 ocupação aberta e edificações médias, e por fim a LCZ6 ocupação aberta e edificações baixas. O mapa das LCZ do Lobito, é ideal para este trabalho uma vez que fornece dados genéricos e transforma uma distribuição continua em unidades da paisagem urbana, onde cada tipo de LCZ constitui um parâmetro físico que justifica suas propriedades de clima urbano. O mapa indica os tipos de LCZs encontrados nesta região, e permite avaliar as propriedades climáticas da cidade.

LCZ 3



LCZ 7



LCZ C



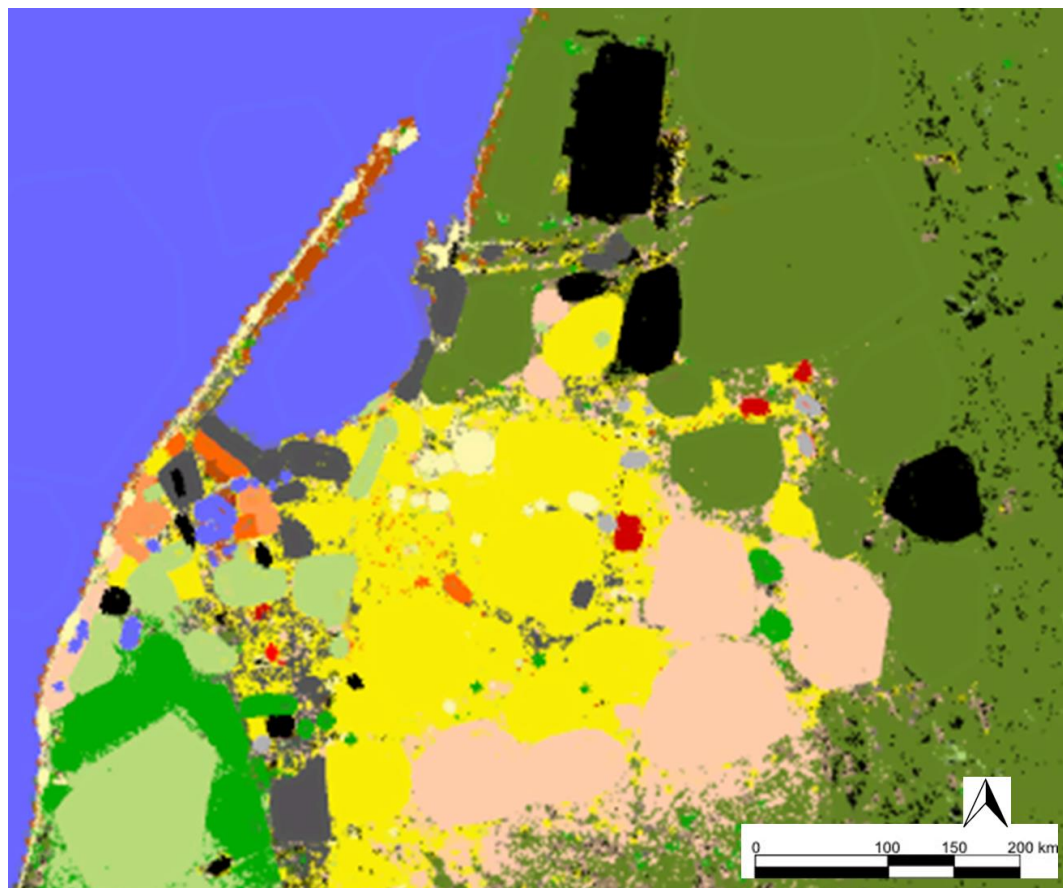
LCZ D



Figura 22. Tipologias e áreas escolhidas para as assinaturas espectrais da região do Lobito, com base a classificação das LCZs e as suas 27 classes padrão de Stewart e Oke, 2012

Tabela 6. Tipos de LCZ existentes na região do Lobito

Tipos de LCZ	Tipo de construção	Area (ha)	Tipos de LCZ	Tipo de uso do solo	Area (ha)
LCZ 3	Ocupação compacta e edificações baixas	6 700	LCZ B	Vegetação espaçada	31 027
LCZ 5	Ocupação aberta e edificações médias	8 188	LCZ C	Arbustos isolados	80 500
LCZ 6	Ocupação aberta e edificações baixas	10 528	LCZ D	Plantação rasteira	58 901
LCZ 7	Ocupação desordenadas e edificações baixas	64 400	LCZ E	Rocha exposta ou superfície pavimentada	33 300
LCZ 9	Assentamento espaçado	48 176			
LCZ 10	Zonas industrial	26 780			



Tipos de LCZ

- LCZ 1 – Ocupação compacta e edificações elevadas
- LCZ 2 – Ocupação compacta e edificações médias
- LCZ 3 – Ocupação compacta e edificações baixas
- LCZ 4 – Ocupação aberta e edificações elevadas
- LCZ 5 – Ocupação aberta e edificações médias
- LCZ 6 – Ocupação aberta e edificações baixas
- LCZ 7 – Ocupação desordenada e edificações baixas
- LCZ 8 – Grandes compartimentos e edificações baixas
- LCZ 9 – Assentamento espaçado
- LZC 10 – Zona industrial
- LZC A – Vegetação densa
- LZC B – Vegetação espaçada
- LZC C – Arbustos isolados
- LZC D – Plantações com vegetação rasteiras
- LZC E – Rocha exposta ou superfície pavimentada
- LZC F – Solo exposto ou arenoso
- LZC G – Corpos d'água

Figura 23. Mapa das *Local Climate Zones* do Lobito, 2018

III.1.1.1. Precisão do Mapa das LCZ

A avaliação da qualidade das classificações na elaboração de mapas temáticos das LCZ ajuda-nos a conhecer com exactidão a informação produzida e a evitar fazer interpretações de baixa confiabilidade em relação aos temas abrangidos (Foody, 2002; Jensen, 2005). Esta avaliação possibilitou-nos verificar o desempenho do classificador da floresta aleatória e a exactidão da LCZ da região do Lobito, onde, muitas vezes, averiguar *pixel* por *pixel* se a classificação se encontra correcta ou errada. Um conjunto de amostras para todas as LCZ, foi designado aleatoriamente com os dados de referência para estimar o erro da classificação.

Em geral, os resultados da avaliação de exactidão são sintetizados numa matriz de contingência. Para estimar a exactidão das classificações temáticas, é frequentemente utilizado uma matriz de contingência, comparando posteriormente os valores obtidos (Landis e Koch, 1977). Na tabela 7 é apresentada, de uma forma sintetizada, a matriz de contingência que foi criada para avaliar a exactidão do mapa das LCZ. Esta, permite determinar os erros de comissão (os *pixels* classificados numa classe, mas que pertencem a outras classes) e os erros de omissão (os *pixels* que foram omitidos na classe correcta e atribuídos a outra classe).

A matriz gerada, corresponde à amostra das classes da LCZ que foram extraídas com os valores globais de precisão 71 % e o índice Kappa de 63 %. As percentagens e os pontos das LCZ com maiores destaques, correspondem à LCZ 3 com 100 % (4 pontos), em seguida a LCZ 10 com 98 % com (19 pontos), LCZ 5 com 0.96 % com (8 pontos), LCZ 6 com 92% com (12 pontos). Os resultados da avaliação da exactidão da classificação da LCZ demonstram um resultado satisfatório para a classificação. Assim, podemos concluir que a metodologia da WUDAPT para o nível 0, é eficiente e credível para a realização da classificação da LCZ para a região do Lobito.

Tipos de <i>Local Climate Zones</i>													
Classes	LCZ 3	LCZ 5	LCZ 6	LCZ 7	LCZ 9	LCZ 10	LCZ B	LCZ C	LCZ D	LCZ E	Total	Precisão do utilizador (%)	
LCZ 3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	100	
LCZ 5	1	6	0	0	1	0	0	0	0	0	8	0.96	
LCZ 6	0	1	9	1	0	0	0	0	0	0	12	0.92	
LCZ 7	1	1	1	40	1	0	0	4	1	2	51	0.68	
LCZ 9	0	0	0	5	11	0	0	2	0	0	18	0.69	
LCZ 10	0	0	0	1	1	17	0	0	0	0	19	0.98	
LCZ B	1	0	0	1	0	0	11	0	0	0	13	0.89	
LCZ C	0	0	0	1	1	0	1	9	0	1	13	0.89	
LCZ D	0	0	0	3	0	0	1	0	15	0	19	0.79	
LCZ E	0	0	0	1	0	0	0	0	1	8	12	0.85	
Total	7	8	10	53	15	17	13	15	17	11	210		
Exactidão do produtor (%)	100	0.87	0.69	0.51	0.73	100	0.89	0.81	0.86	0.75			
Exactidão global (%)	71												
Índice Kappa (%)	63												

Tabela 7. Matriz de contingência das LCZ da região do Lobito

III.1.1.2. Distribuição da temperatura do ar (corrigida)

Com base nas características da morfologia urbana e da metodologia escolhida, foi necessário reproduzir com exactidão o comportamento térmico urbano da região. Deste modo, com o recurso à metodologia geoestatística e a aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica, contruímos as representações cartográficas que resultaram no mapa da temperatura do ar corrigida (figura 24), do período em análise e nas anomalias (figura 25) dos diferentes espaços urbanos.

A utilização do método da *Krigagem* simples, proporcionou a aproximação daquilo que foi um dos objectivos deste trabalho (figura 25). A geoestatística é uma técnica bastante utilizada em estudos de clima urbano, e baseia-se no conceito de uma variável aleatória que pode expressar uma variável contínua dependendo do local. Esta técnica, tem sido útil no fornecimento de estimativas de atributos de amostra em locais com escassez de informação e permite-nos definir a estrutura espacial de fenómenos por autocorrelação, como é o caso da semivariogramas que estima os valores entre os pontos medidos com base no grau de autocorrelação espacial ou covariância encontradas nos dados.

A *Krigagem* é utilizada para interpolação de métodos geoestatísticos, sendo a que determina o melhor estimador linear imparcial, visto que tem como objetivo minimizar a variação dos erros e formar os pesos dos valores medidos que circundam para calcular valores em locais não medidos, ou seja, os valores medidos mais próximos têm por hábito influenciar os maiores. A ponderação de distância inversa usa um algoritmo simples que muitas vezes se baseia na distância, entretanto, o peso da *kigragem* surge de uma semivariograma que foi desenvolvida para visualizar a estrutura espacial dos dados.

Como se pode observar os padrões térmicos apresentam-se bem definidos, resultado das características urbanas e da ocupação do solo e devido às diferenças topográficas existentes na região. Em seguida, foram feitas outras representações que serviram para quantificar os padrões térmicos definidos, tendo em conta os valores da temperatura do ar corrigida. Este passo determinou uma segunda representação

cartográfica (figura 25) que permitiu identificar as anomalias térmicas (ilhas de calor urbano e as áreas mais frescas ou ilhas de calor de frescura).

Os resultados apresentados na figura 24, explicam a identificação da variação entre a zona elevada da zona deprimida. Como se pode verificar a anomalia positiva é mais significativa que a anomalia negativa (com um desvio máximo de 3,2 °C), o que quer dizer que o impacto das ilhas de calor urbano é mais representativo que o ar frio nesta região. A anomalia negativa apresenta valores inferiores que a inversa, apresentando um desvio máximo de -2,1 °C.

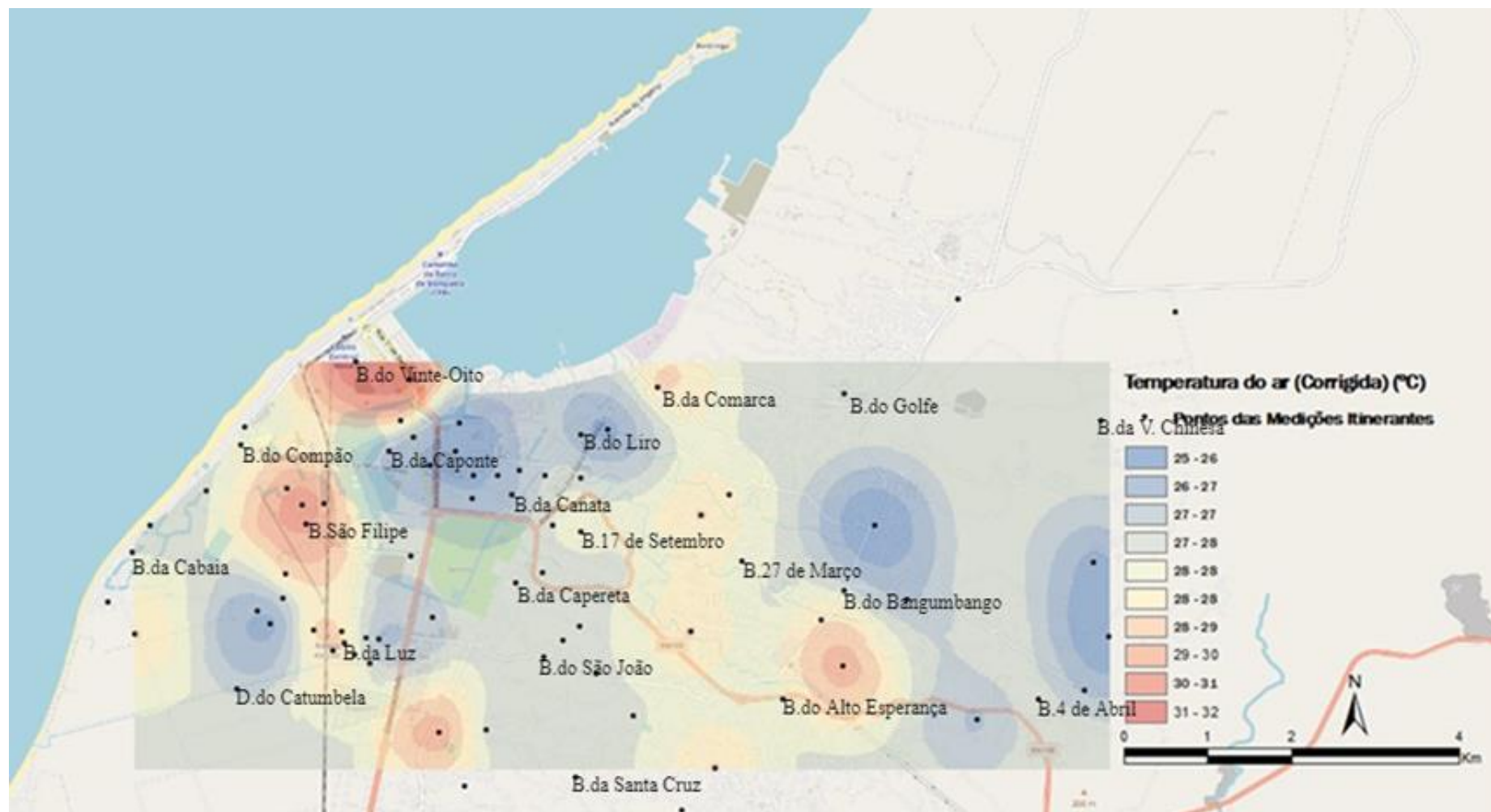


Figura 24. Representação dos valores da temperatura (°C)

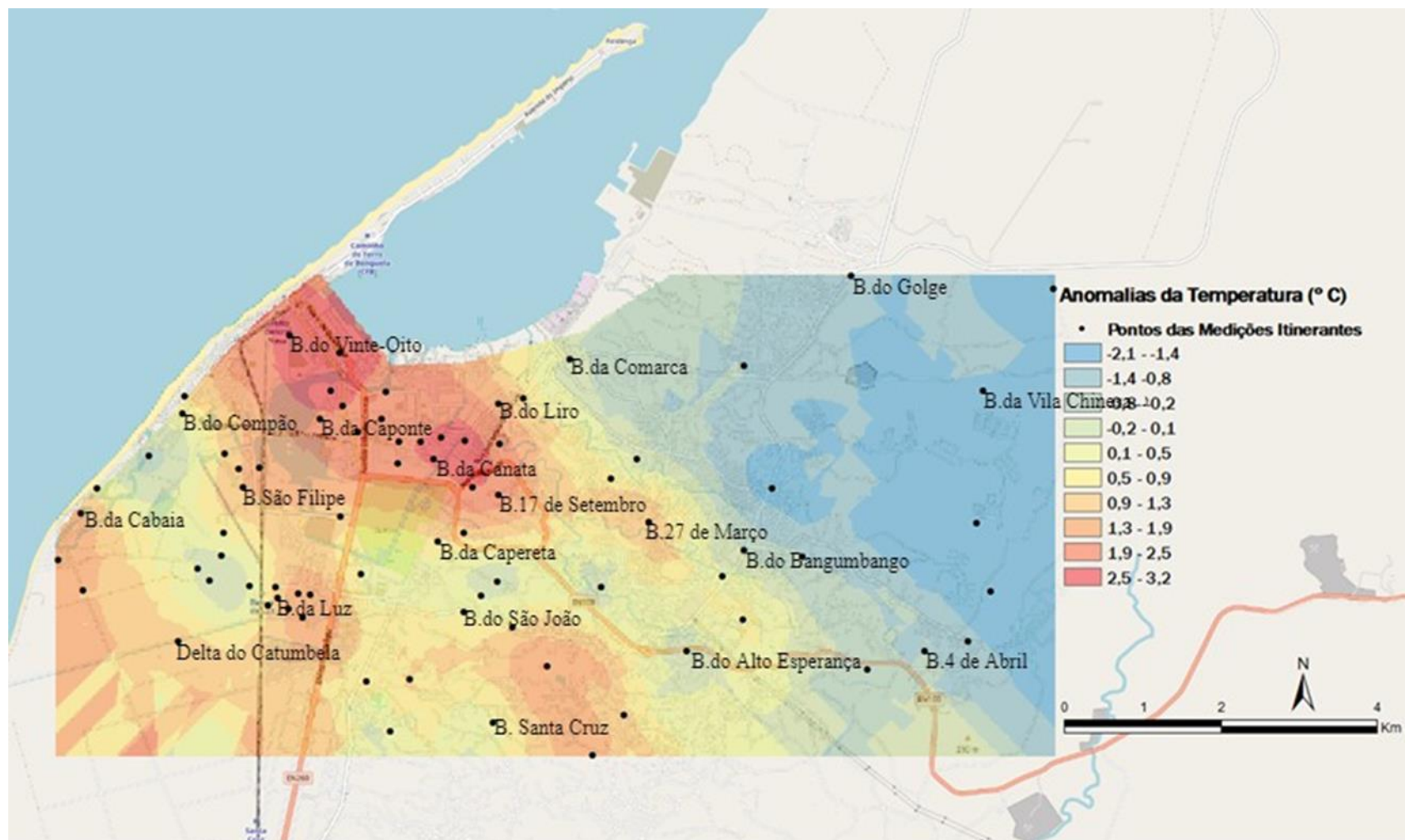


Figura 25. Representação dos valores das anomalias térmicas em (°C)

III.1.1.3. Distribuição da humidade relativa

Conforme se pode constatar na figura 26, a variável da humidade relativa apresenta valores mais elevados na zona baixa e valores reduzidos na zona alta. Estes valores, resultam do comportamento dos dados da informação microclimática. O efeito da temperatura e da humidade relativa tem repercutido no carácter húmido da atmosfera urbana local e visível. Os valores da humidade relativa mais altos foram registados em alguns pontos do bairro Compão, Bairro da Luz, Caponte, Canata, Liro, Capereta, Bangumbango e 4 de abril, como se pode ver na tabela 6.

O mapa de distribuição das anomalias da humidade relativa referente ao período chuvoso de janeiro de 2018 é mostrado na figura 27. Nesta, podemos observar as anomalias da humidade relativa na parte baixa e em alguns bairros da zona alta da área de estudo (Caponte, Vinte-Oito, Compão, Cabaia, Bairro da Luz, Canata, Liro, Capereta, Bomba e São João). A diferença máxima destas anomalias da humidade relativa variou entre (-7.3% a 0.3%). De uma forma geral, as áreas com maior vegetação e as áreas de água foram bastante úteis no aumento da humidade relativa nesta região.

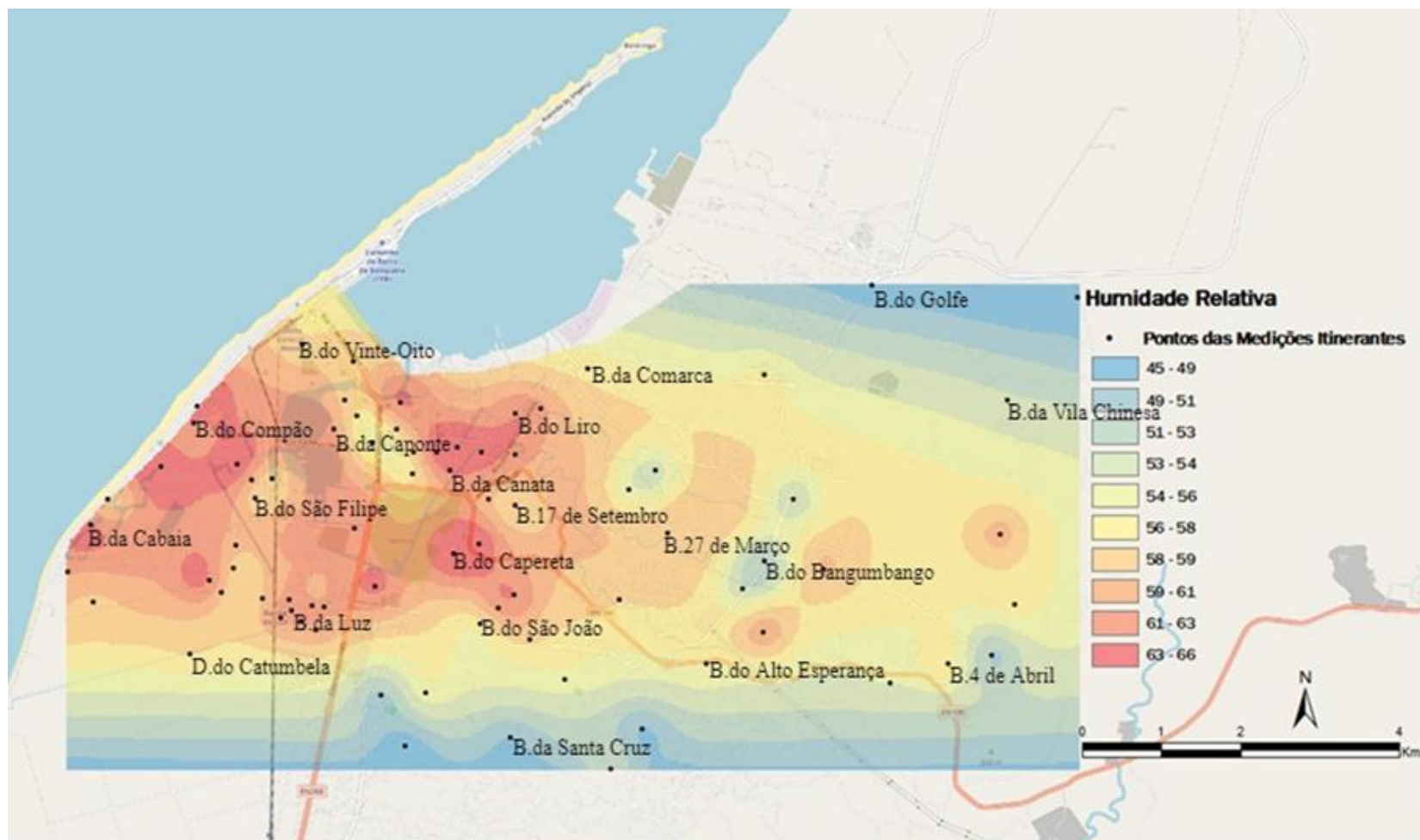


Figura 26. Representação da humidade relativa em relação referente ao período chuvoso

III.1.1.4. Conclusões Parciais

O estudo do clima urbano no Lobito tem sido pontualmente restringido pela falta de informações úteis que descrevam aspectos relativos à forma e função das cidades numa resolução espacial. No sentido de colmatar essa falha, foi necessário recorrer a apresentada no projecto WUDAPT que surgiu para reunir e difundir as informações existentes nas áreas urbanas em todo o mundo. Tendo em consideração o esquema da LCZ que classifica as paisagens naturais e urbanas em categorias fundamentais do clima. No Lobito, foi necessário avaliar o desempenho urbano, no qual os resultados revelaram diversa qualidade de zonas climáticas urbanas.

Verificamos que os tipos de construções urbanas e as características topográficas têm provocado maior intensificação das zonas frias que podem apresentar-se como uma atenuante de deslocação das ilhas de calor urbana, associadas às áreas com maior densidade de construção e circulação. Assim, as áreas que apresentaram núcleos quentes correspondem à ocupação compacta e edificações baixas (LCZ 3), ocupação aberta de edificações médias (LCZ 5) e ocupação aberta e edificações baixas (LCZ 6) e zonas industrial (LCZ 10). Este resultado advém das altas variações na morfologia urbana dentro das áreas construídas e da altura dos edifícios construídos. Estas zonas são, na sua generalidade, dominadas por edifícios com mais de quatro andares, resultando numa grande quantidade de calor armazenada no volume da construção, alta carga térmica, devido às extensas estruturas urbanas e actividades antrópicas. As temperaturas, nestas áreas, rondaram valores de cerca de (29 °C a 32 °C), apresentando assim uma anomalia da temperatura de (1.9 °C a 3.5 °C). Importa salientar que a anomalia da humidade relativa foi de -7.3% a -0.3%. O mapa das anomalias da humidade relativa demonstrou que no mês de janeiro de 2018 a humidade relativa foi na sua maioria húmida na área de estudo. As zonas que apresentaram temperaturas médias (26 °C a 27 °C) foram as LCZ 6 e 7, visto que as medições foram feitas em ambiente compacto, embora relativamente homogéneo dominado por edifícios de três andares e, na sua maioria mais baixos. A temperatura com valor na LCZ B (vegetação espaçada) e D (plantações com vegetação rasteiras) foi de 26 °C a 27 °C respetivamente devido ao efeito de arrefecimento da vegetação. A menor temperatura foi registada na LCZ C (arbustos isolados). Na LCZ F

(rochas expostas ou superfície pavimentada) foi de 26 °C a 27 °C, resultante do efeito da rocha que reduz a exposição da energia solar intensa nestas áreas.

III.2. Conforto Térmico do Lobito

III.2.1. Avaliação das condições de Sensação Termo-Fisiológica

A PET e a UTCI são indicadores essenciais para a determinação do conforto térmico e para a habitabilidade urbana. Estes índices, são expressos em °C e todos os parâmetros (temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do vento, nebulosidade) necessário para calcular o PET e UTCI foram medidos e foi possível ligar cada um desses parâmetros aos valores correspondentes das variáveis mencionadas. Para percebermos o nível de conforto térmico na região do Lobito, foi necessário o cálculo do UTCI e do PET tendo por base as principais variáveis meteorológicas e os dados provenientes das medições itinerantes de 77 pontos, e posteriormente foram integrados no *software RayMan*.

O calor que se faz sentir na região do Lobito, tem tido impacto negativo na sensação do conforto térmico, na saúde da população e nas actividades diárias das populações. Os índices UTCI e o PET foram utilizados para representar a confiança das variações na troca de calor entre o corpo humano, o meio ambiente e a sua aplicabilidade num dado ambiente. O PET e UTCI têm sido aplicados em regiões de clima frio, mediterrânicos, monções, regiões subtropicais e tropicais. Todavia, na presente investigação o índice do PET e do UTCI foram aplicados em Lobito com características de climas áridos ou semidesérticos. Assim, utilizamos a temperatura do ar corrigida (°C) que é um dos parâmetros climáticos com maior influência no PET e na UTCI.

O conforto térmico está directamente ligado ao conforto humano. Para a construções dos mapas (fig. 28 e 29) utilizou-se o modelo da *Krigagem*, os mapas permitiram identificar diferentes padrões térmicos que resultam da constituição urbana e das diferentes topografias locais.

Os índices UTCI e do PET (figuras 28 e 29), foram utilizados para examinar a relação entre o ambiente térmico e o conforto, sendo os resultados da sensação térmica notados dentro da faixa de 31 °C a 36 °C que se enquadra nas categorias de stresse de calor moderado e stresse de calor forte para a UTCI. Para a PET a sensação térmica se

encontra dentro da faixa de 36 °C a 40 °C e se enquadra nas categorias de stresse de calor forte e stresse de calor muito forte.

Como se observa na figura 28 correspondente ao mapa da UTCI, os pontos mais quentes estão localizados nos bairros da Cabaia, Compão, Vista-Alegre, Pomba e Vila Chinesa em áreas abertas com exposição solar onde a temperatura do ar e a velocidade do vento tendem a ser maiores. Os pontos que estão ligeiramente frios foram localizados em áreas pouco sombreadas alguns próximos de árvores e, correspondem aos bairros de São João, Capereta, Canata, Liro, 27 de março, 4 de abril. Os resultados observados no mapa UTCI poderão querer indicar que, o sombreamento das árvores tem sido eficaz para a melhoria das condições de conforto térmico de calor forte no período chuvoso.

Na figura 28, são apresentados os resultados da classificação da temperatura fisiológica equivalente (PET), que variam entre “stresse de calor forte e stresse de calor muito forte”. Os pontos mais quentes nesta figura, estão localizados nos bairros de Cabaia, Compão, Bairro da Luz, Vista-Alegre, Vila Chinesa e Pomba e apresentaram valores mais elevados com cerca de (37°C a 40°C), e os pontos ligeiramente mais frescos estão localizados nos bairros da (ontente, São João, 27 de março, 4 de Abril, Bangumbango.

Tabela 8. Valores da PET e da UTCI durante as campanhas de medição

UTCI (°C)	PET (°C)	Stresse térmico
>46 °C	>41 °C	Stresse extremo pelo calor
38 °C a 46 °C	35 °C a 41 °C	Muito forte pelo calor
32°C a 38°C	29°C a 35°C	Forte pelo calor
26 °C a 32 °C	23 °C a 29 °C	Moderado pelo calor

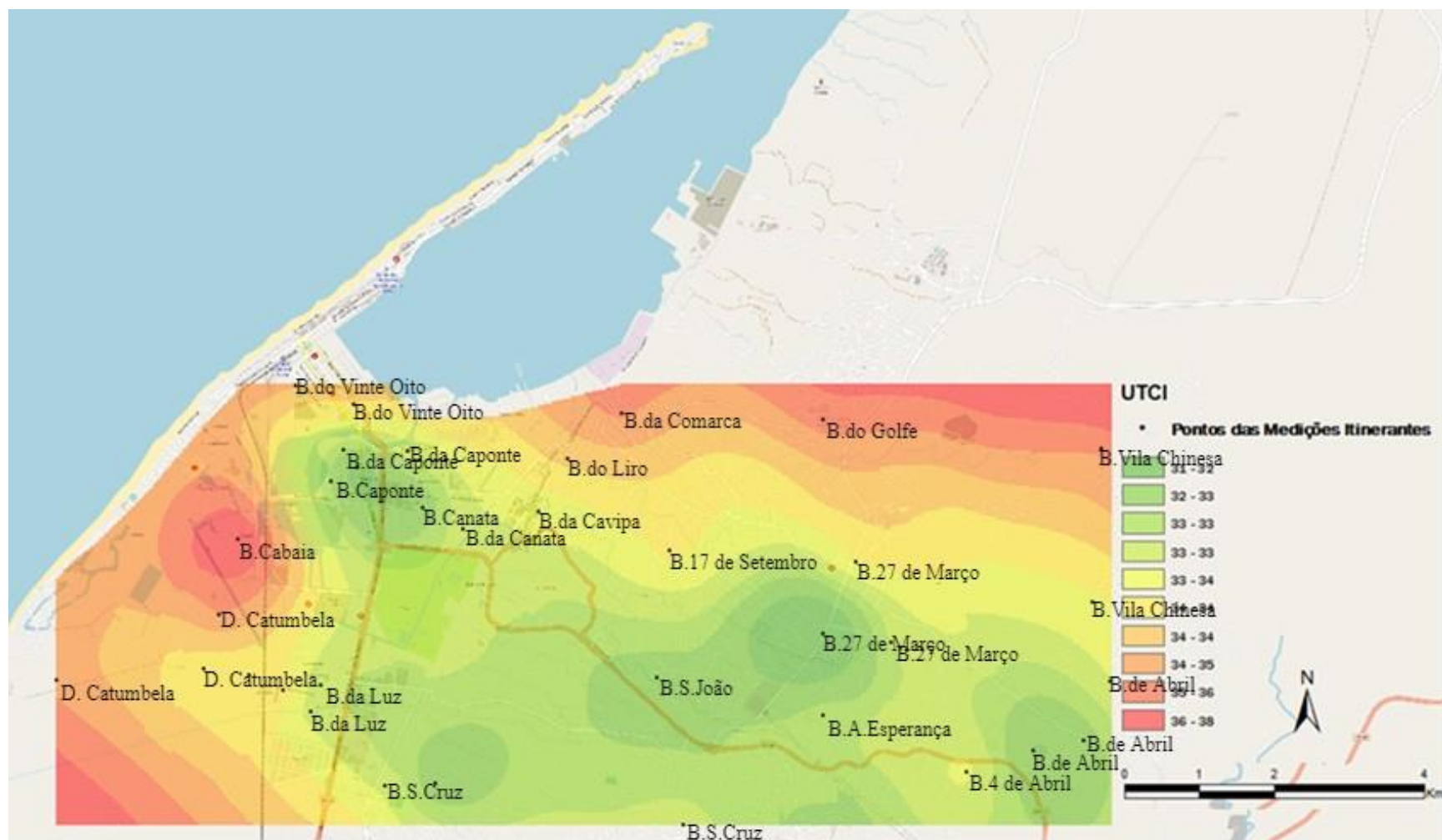


Figura 28. Índice Térmico Climático Universal no período chuvoso

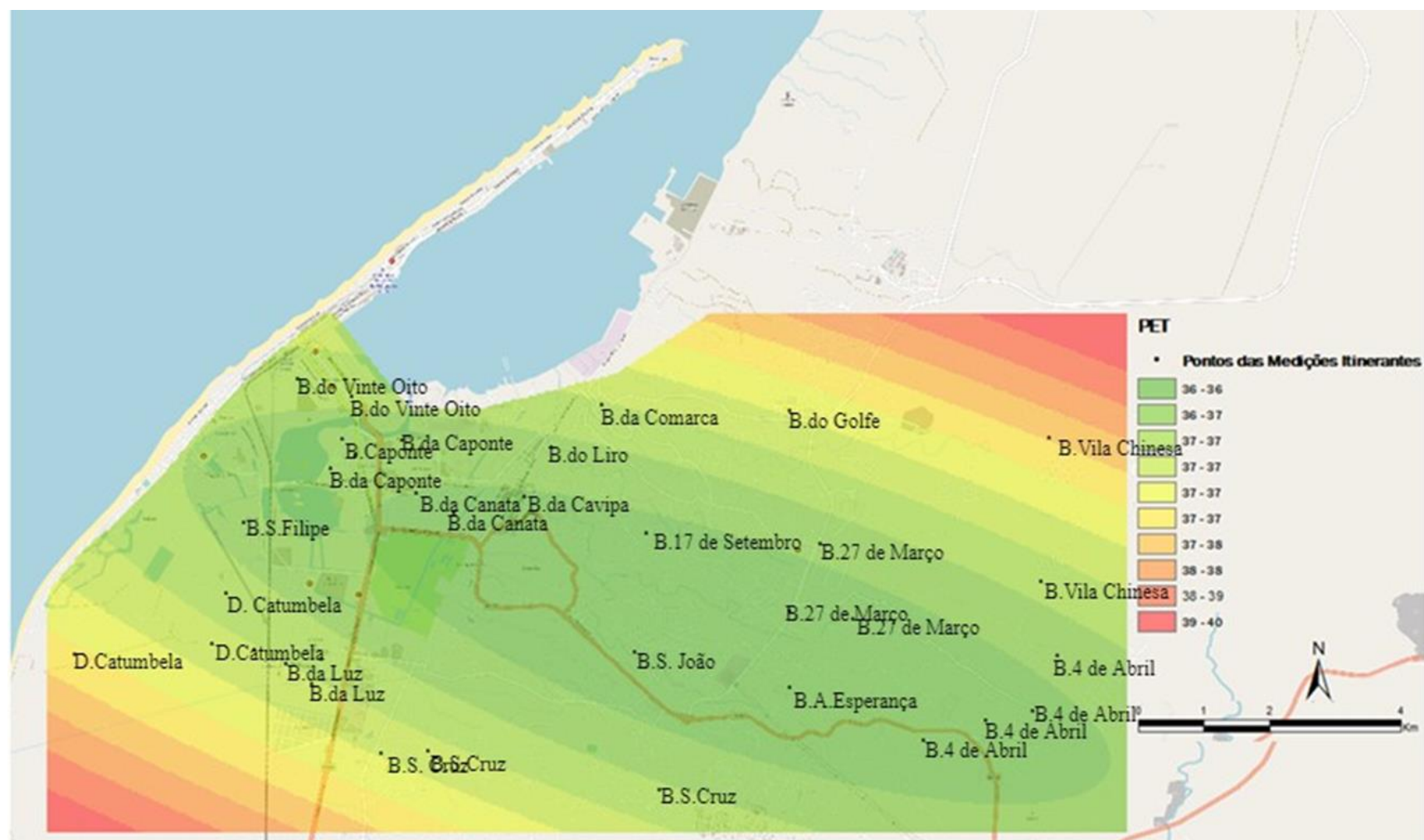


Figura 29. Temperatura Fisiológica Equivalente no período chuvoso

III.2.2. Avaliação do Conforto Térmico Humano

A avaliação do conforto térmico humano é uma ferramenta muito útil no diz respeito à melhoria da gestão e modificação dos processos de planeamento de ações ambientais de forma a implementar em diversas áreas da atividade humana. Para avaliar o conforto térmico, aplicamos inquéritos através de uma amostra de 600 participantes tendo a recolha decorrido em dois períodos distintos: seco e chuvoso. O questionário utilizado já foi usado em Aracaju, Brasil (Anjos, 2017) e em Taiwan e a sua autoria é de (Tzu-Pin Lin *et al.*, 2008)

O questionário é composto por duas partes. A primeira parte corresponde às variáveis dos parâmetros pessoais dos entrevistados, tendo em conta os seguintes indicadores: género, idade, posição e atividade actual. A segunda parte inclui a variável sensação térmica do entrevistado que foi medida através de sete indicadores, nomeadamente, temperatura do ar; humidade relativa; velocidade do vento; radiação solar estas condições podem ser consideradas aceitáveis ou inaceitáveis. Dos 600 entrevistados, 214 eram homens (36%) e 386 mulheres (64%) como se observa na figura 30. A idade dos entrevistados variou entre os 18 anos e os 75 anos (figura 31). O grau de escolaridade dos participantes variou com base nos ciclos de estudo (figura 32). Por causa de uma questão de logística os inquéritos foram aplicados em escolas.

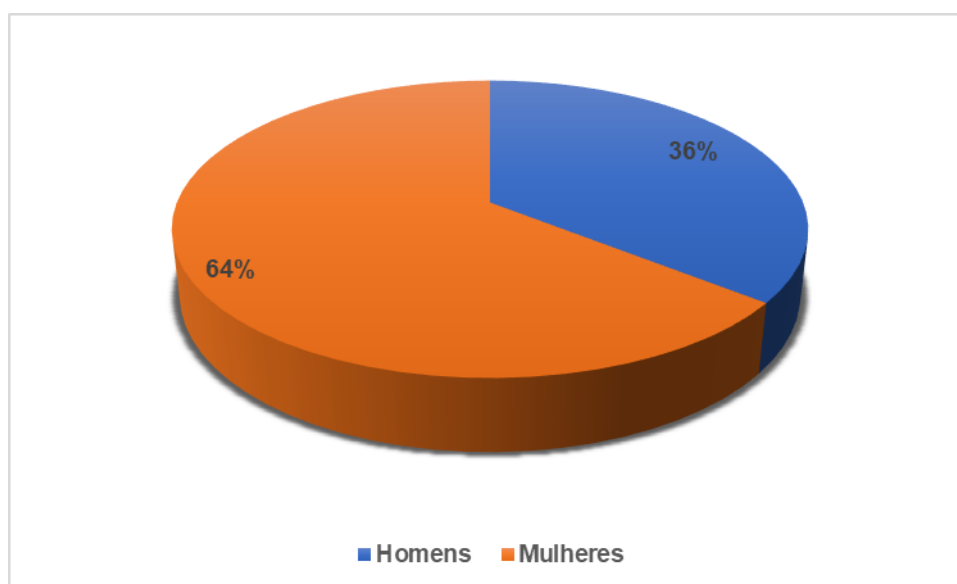


Figura 30. Distribuição por género dos entrevistados

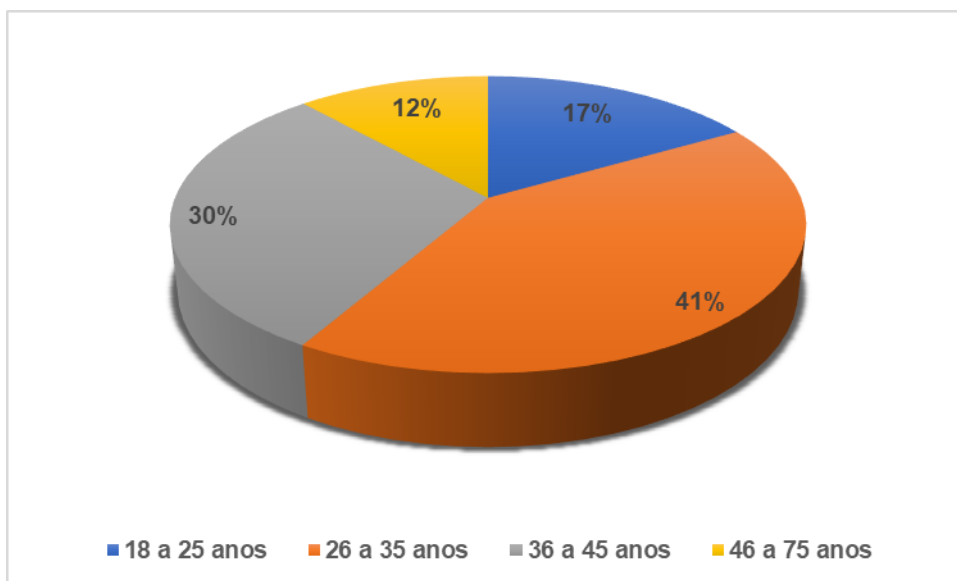


Figura 31. Faixa etária dos entrevistados

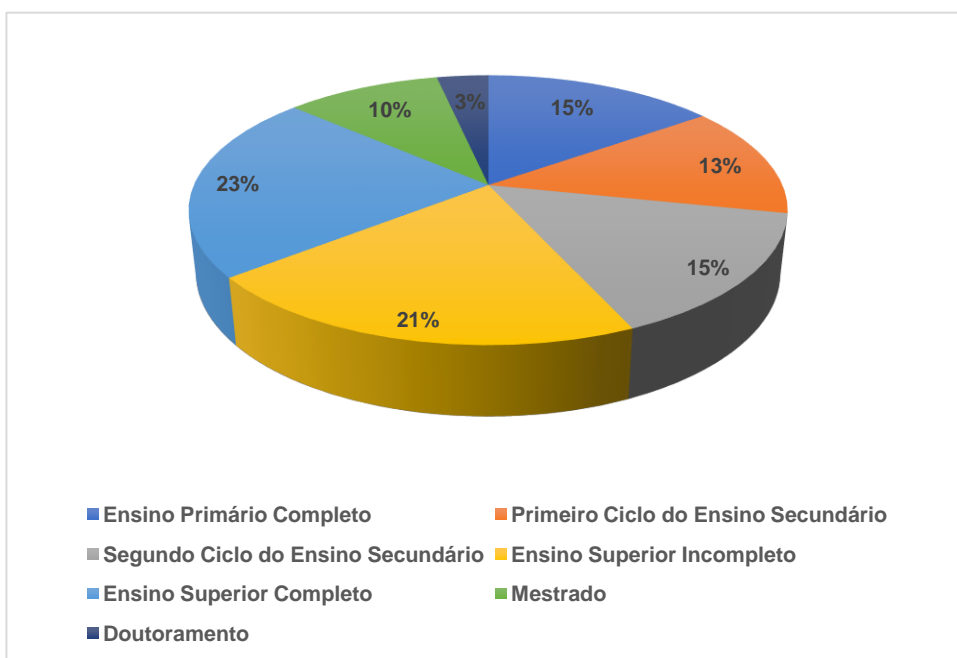


Figura 32. Grau de escolaridade dos entrevistados

III.2.2.1. O Conforto Térmico no Período Chuvoso

Para medir o conforto térmico no período chuvoso, foi necessário recolher dados referentes às variáveis do estudo, nomeadamente: temperatura do ar; a humidade relativa; velocidade do vento e radiação solar. As entrevistas decorreram durante o período mais quente do dia, entre às 11 horas e 30 min às 15 horas, foram analisados dados do período chuvoso, como se observa nas figuras (33 a 37).

Na figura 33, pode-se observar que existem inqueridos e inqueridas que no período chuvoso se sentiram quente ou com muito calor que correspondeu a 63% e 32%. Metade da população gostaria de estar num ambiente mais fresco, sendo que 10% para se sentir confortado a população acha que confortado. Quanto à humidade sentida pela população no ato da entrevista, a população resiste à humidade e considerou neutro. A população acha constrangimento não haver humidade excessiva.

Relativamente à velocidade do vento, duma forma geral, mais de 35 % referiu que o vento estava neutro. E em relação à questão de se sentir, metade da população entrevistada não quer mudança e 30 % acha que precisa de mais vento. Quando à questão da radiação solar, pode-se observar que a maior parte das populações que correspondem a 66,6 %, considera que a radiação solar estava forte e forte de mais. 33 % acha que não deve mudar e 40 % precisa de abrigo para poder se proteger contra a radiação solar.

No que se refere à questão “no geral, você se sente?”, a maior parte das pessoas que corresponde a 55% acha que estava muito desconfortado. Este comportamento deve-se, muitas vezes, à variação da temperatura influenciar de forma direta nas sensações de maior ou menor desconforto e a influência que a radiação solar apresenta em termos de edificações, o que faz que haja um posicionamento das edificações que aumenta ou reduz a absorção da radiação solar pelas superfícies externas, transportando assim maior ou menor desconforto térmico.

Na questão “baseado que disse, você está numa situação confortável”, a maior parte da população (53 %) respondeu que se encontra numa situação inaceitável. E na questão sobre “se você não se sente confortável neste lugar que alternativas você iria procurar e quais

seriam as suas prioridades”, a maioria da população respondeu que poderia ficar na sombra caso esteja em movimento, usar ventilador e trocar de roupa.

Apesar de ser tratado nas escolas, o conforto térmico no período chuvoso na região do Lobito, segundo os resultados a população achou que estava quente, não estava húmido e o vento foi um pouco diferente havendo assim, pessoas com interesse em ter mais vento e uma mudança para o vento um pouco mais fresco fosse bem-vinda.

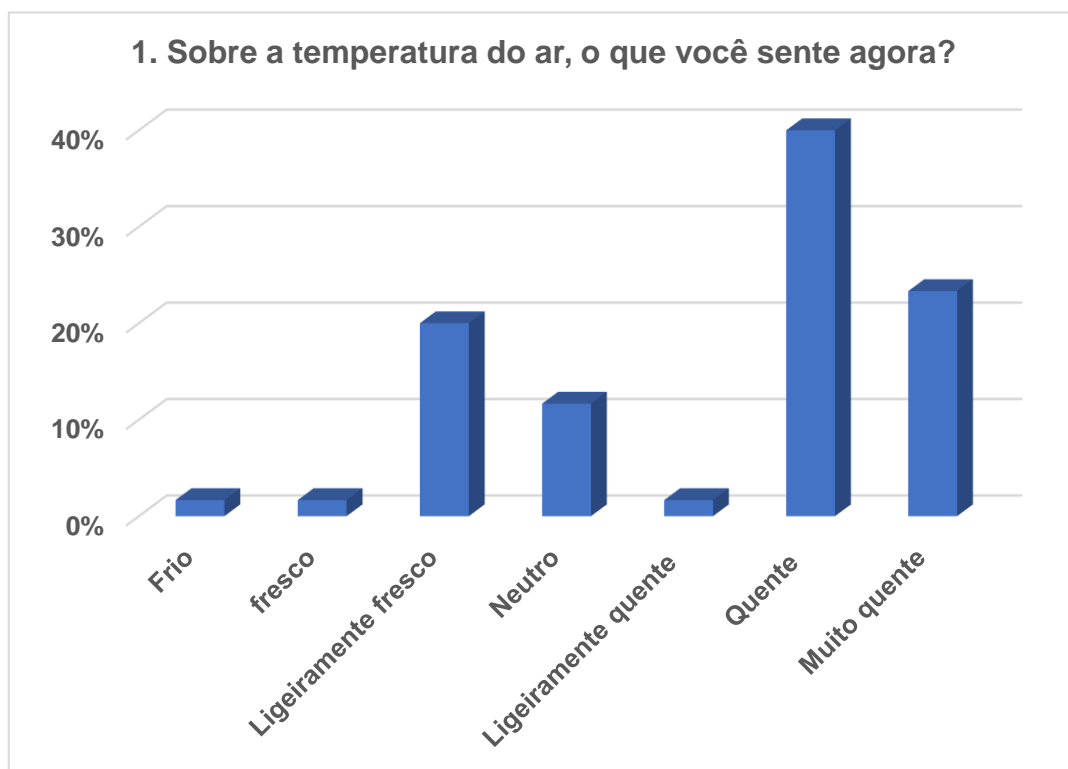


Figura 33. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas: (1) – Sobre a temperatura do ar, o que você sente agora; 1.1 – Como você gostaria de se sentir

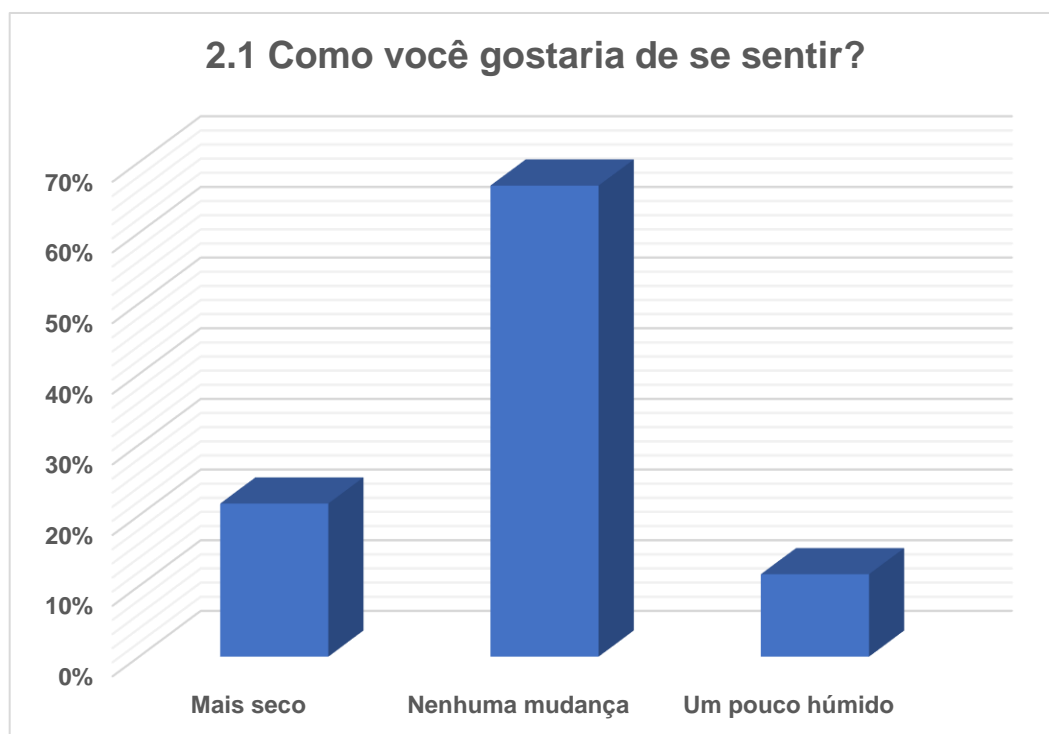
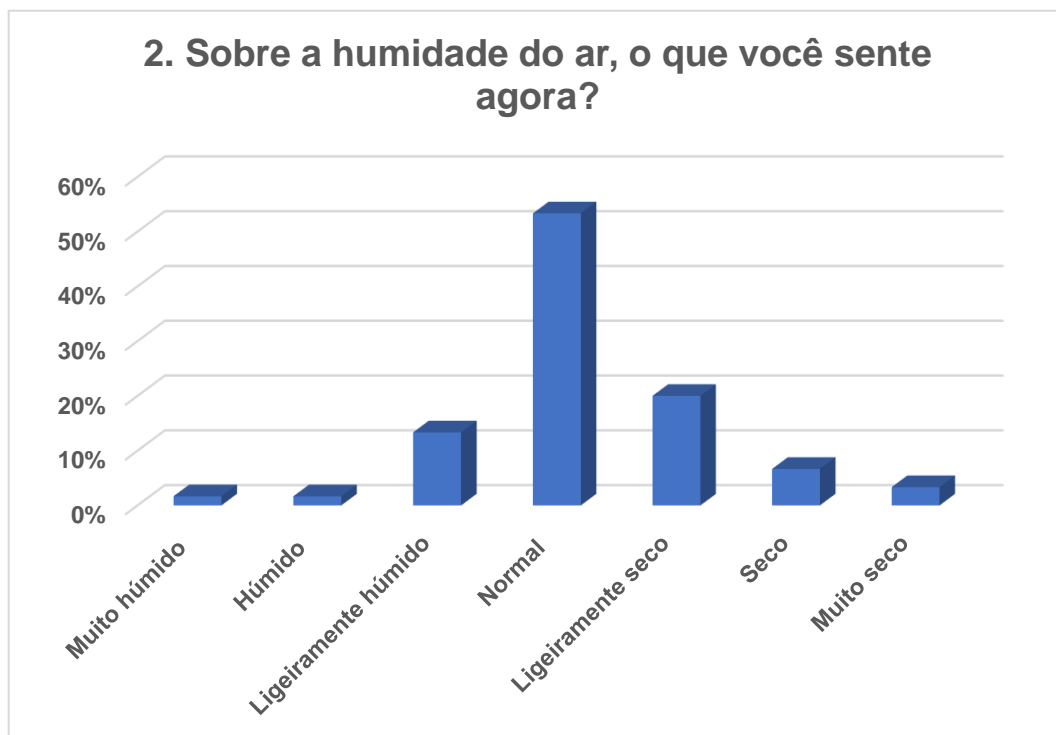


Figura 34. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas: (2) – Sobre a humidade do ar, o que você sente agora; 2.2 – Como você gostaria de se sentir

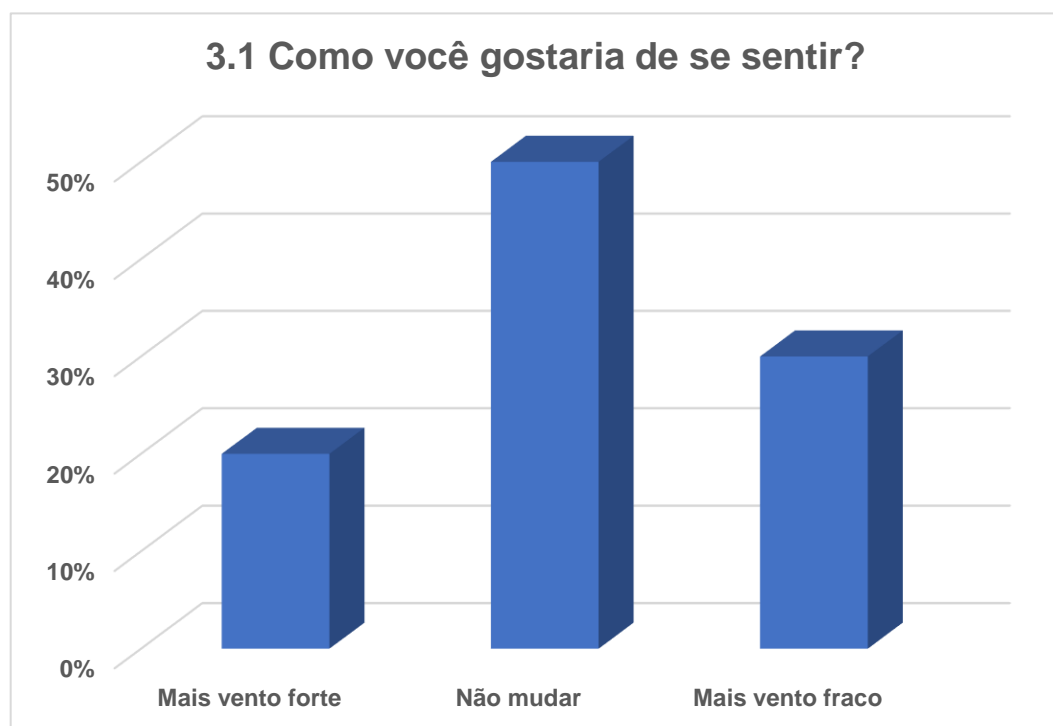


Figura 35. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (3) – Sobre o vento, a que velocidade está; 3.1 – Como você gostaria de se sentir

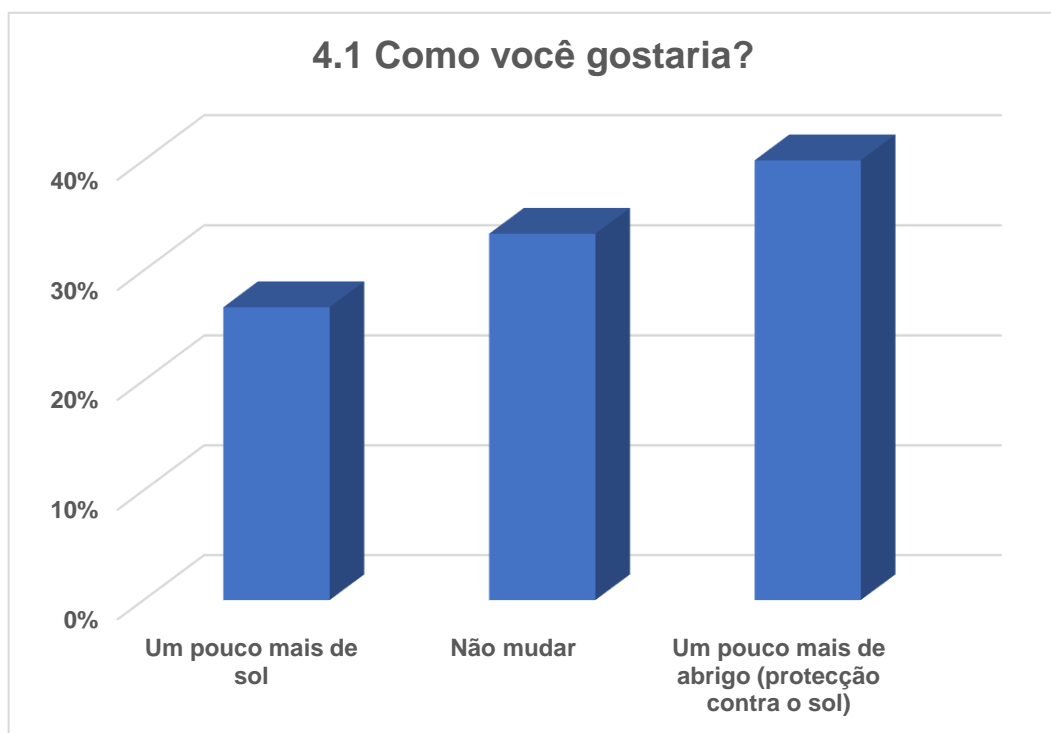
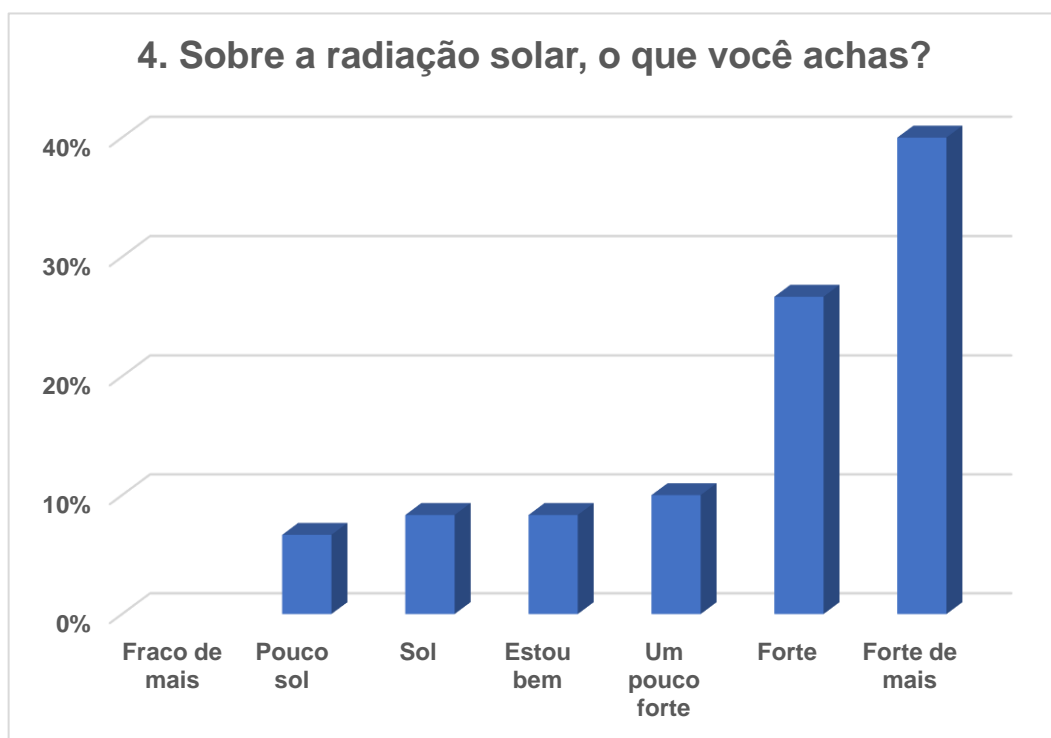
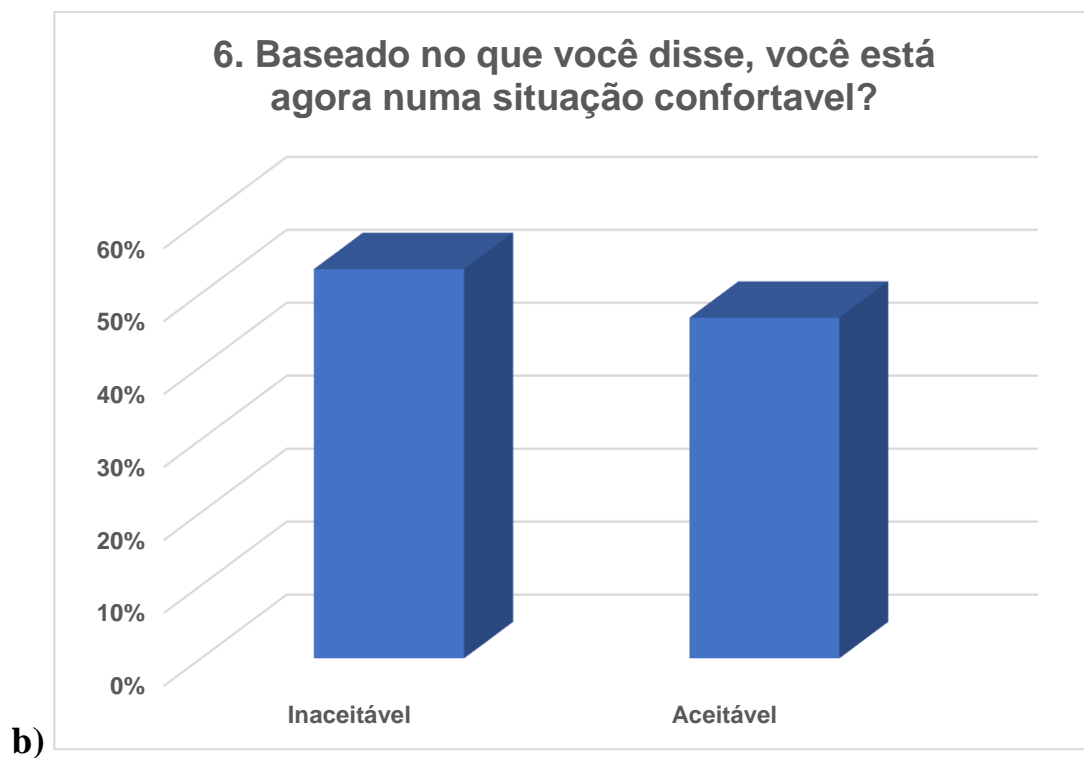


Figura 36. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas (4) – Sobre a radiação solar, o que você acha; 4.1 – Como você gostaria de se sentir.



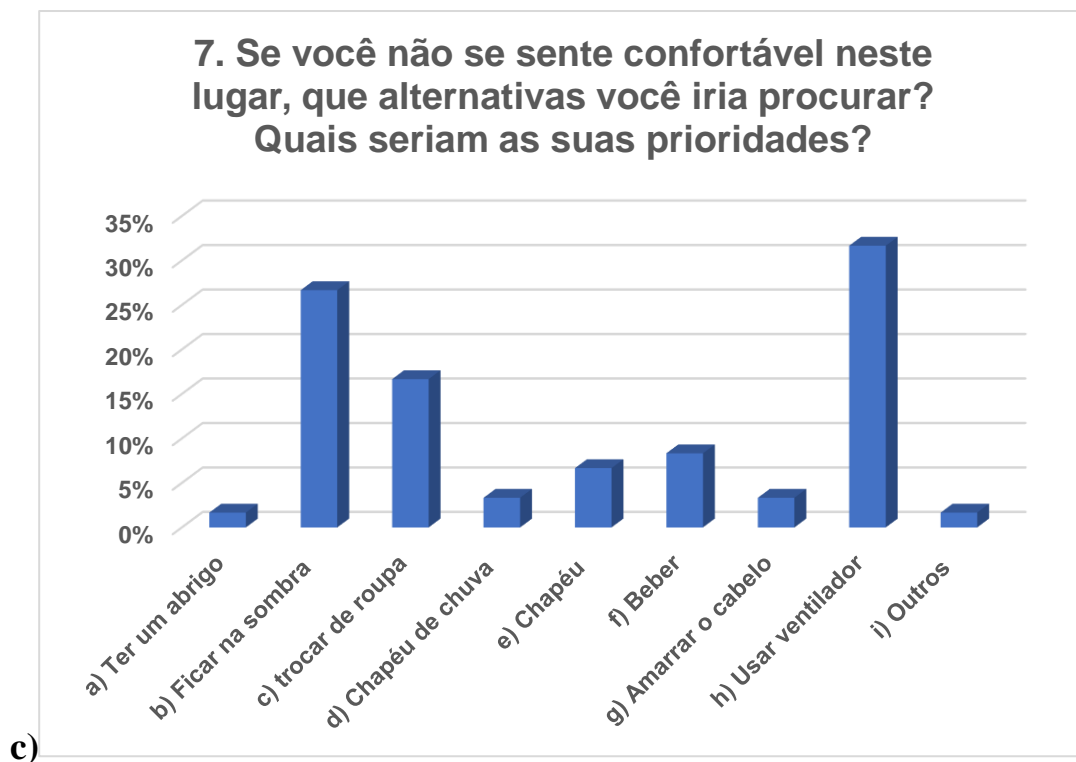


Figura 37. Conforto térmica dos entrevistados. Respostas às perguntas (5) – No geral, você se sente; 6 – Baseado no que você disse, você está agora numa situação confortável; Se você não se sente confortável neste lugar, que alternativas você iria procurar; Quais seriam as suas prioridades

III.2.2.2. Conforto Térmico no Período Seco

Os resultados dos inquéritos elaborados no período seco são apresentados nas figuras 38 a 42. Na figura 38, que trata sobre a temperatura sente-se, a maioria das pessoas achou que tem frio, fresco e ligeiramente fresco, ou seja, a população que sente realmente nas várias intensidades 80 %, sendo a sensação que eles têm e o conforto que sentem. E mais de 45 % gostava de estar mais quente e mais de 35%, queria estar mais fresco isto é devido e de uma ser aprofundado.

No que se refere à humidade do Lobito na questão “o que você sente agora” e segundo o conforto térmico dos entrevistados, Lobito é frio e húmido e, comparado com a sensação térmica fisiológica da UTCI os valores da UTCI variaram entre 31 °C a 38 °C. Mais de metade das pessoas gostariam se fosse um pouco mais húmido. Sobre o vento no Lobito, a população achou frio, ligeiramente húmido e ventoso. E 55 % da população achou que necessita de vento mais fraco.

Relativamente à radiação solar, 90% da população achou que estava fraca de mais e com pouco sol. Quase 48% da população acha que precisa de um pouco mais de sol e 30 % acha que a radiação solar não deve mudar e a menor percentagem da população precisa de abrigo.

Sobre a questão “no geral, você sente-se” a maior parte da população sentiu-se confortável. Na questão sobre “baseando no que disse, você está numa situação confortável”, maior parte das pessoas respondeu que se encontrava numa situação aceitável. E sobre a questão “se você não se sente confortável neste lugar que alternativas você iria procurar e quais seriam suas prioridades”, a maioria da população considera que devia trocar de lugar e outra e outros procurar um abrigo.

No período seco, constatamos por meio dos entrevistados que houve maior conforto térmico em todos os dias em que foram aplicados os questionários. Isto deve-se, em grande medida, às condições climáticas que se apresentavam mais amena na região.

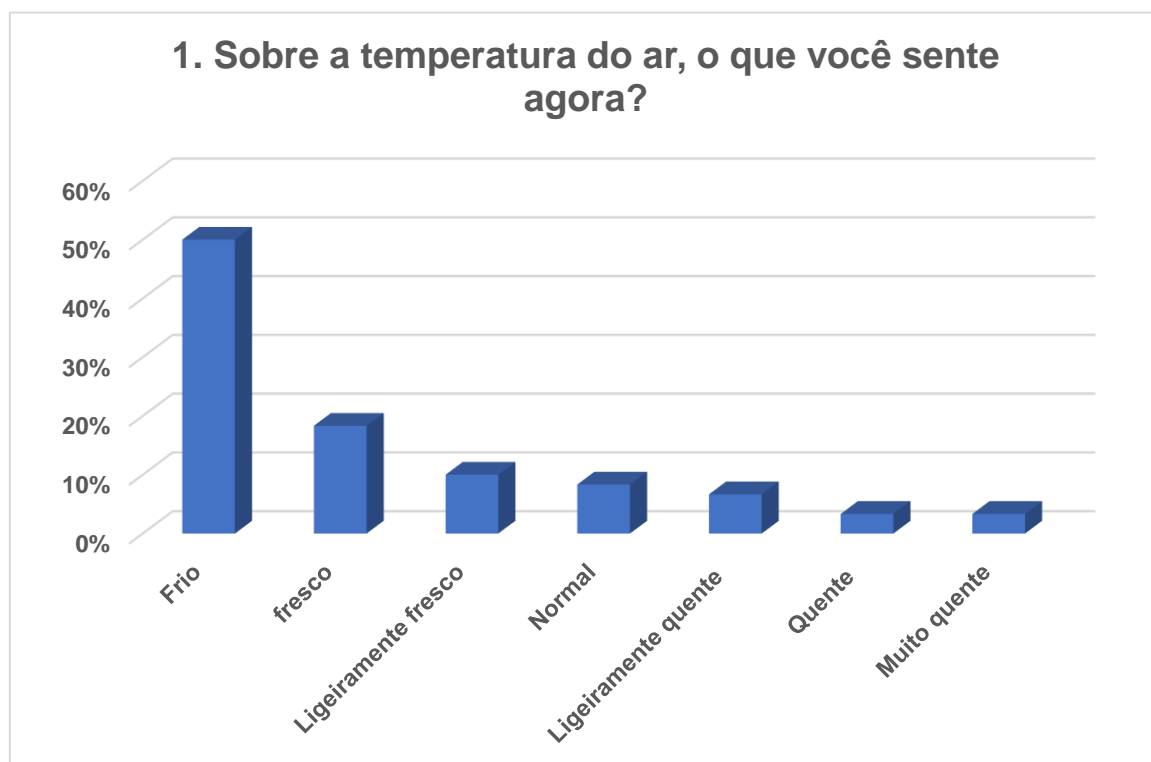


Figura 38. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (1) – Sobre a temperatura do ar, o que você sente agora; 1.1 – Como você gostaria de se sentir.



Figura 39. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (2) – Sobre a humidade do ar, o que você sente agora; 2.2 – Como você gostaria de se sentir.

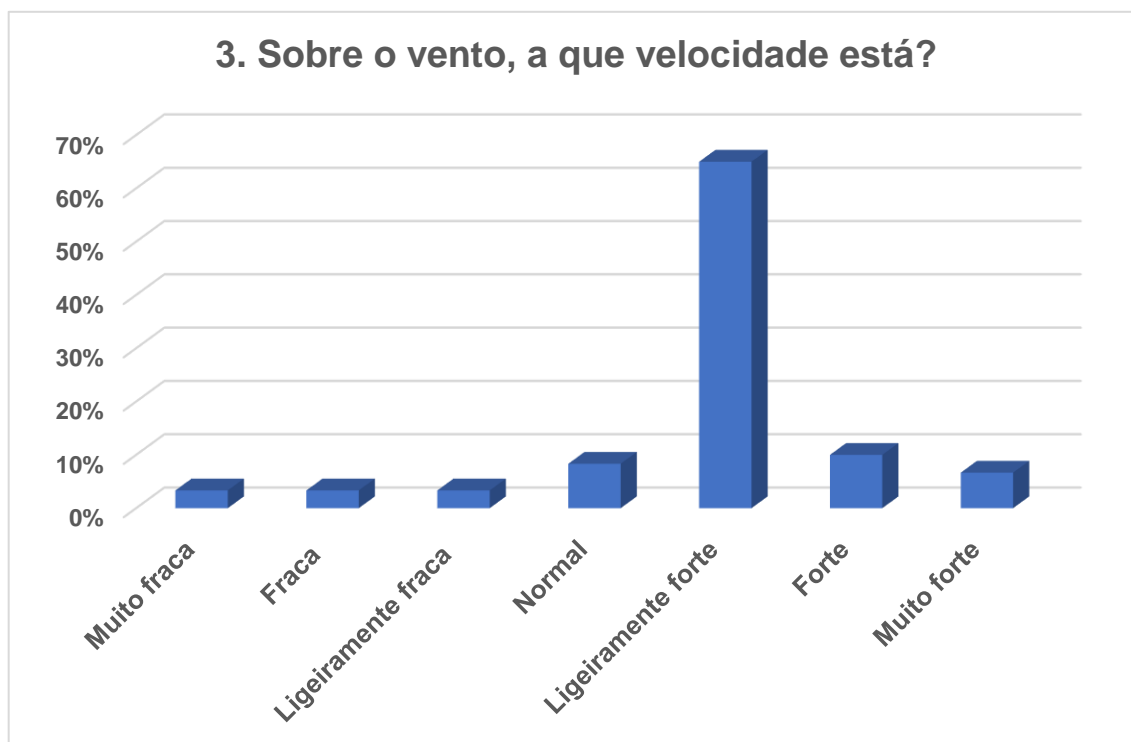


Figura 40. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (3) – Sobre o vento, a que velocidade está; 3.1 – Como você gostaria de se sentir

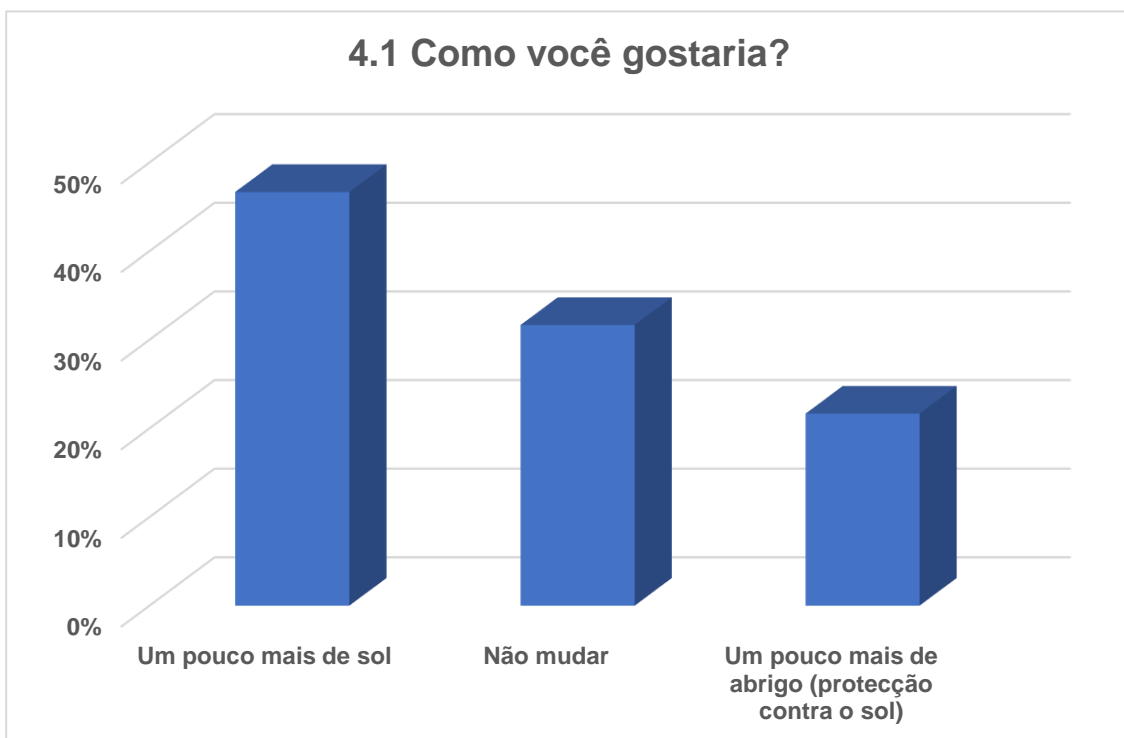
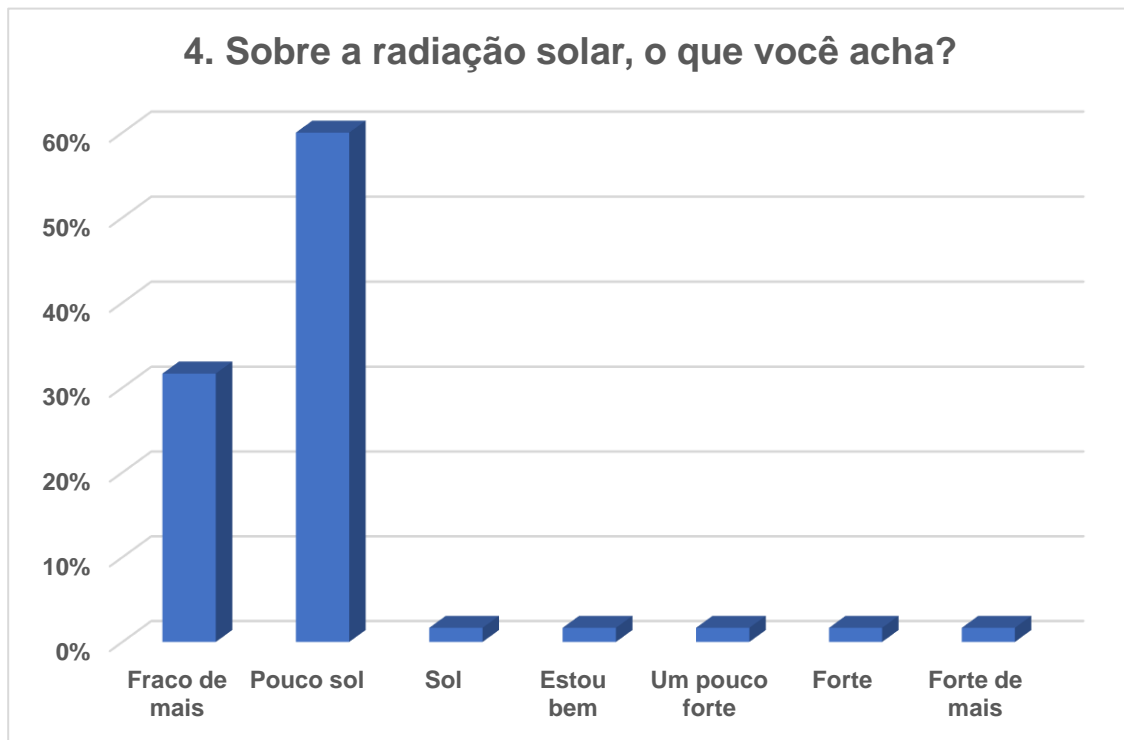
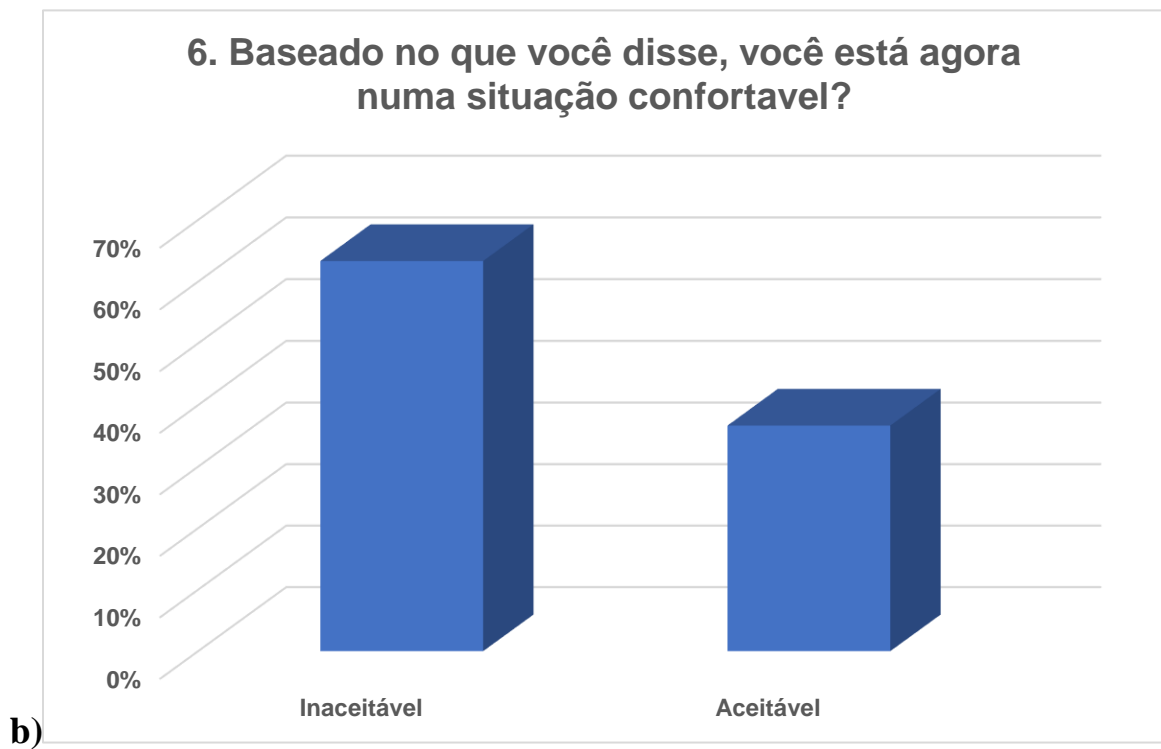


Figura 41. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas (4) – Sobre a radiação solar, o que você acha; 4.1 – Como você gostaria de se sentir



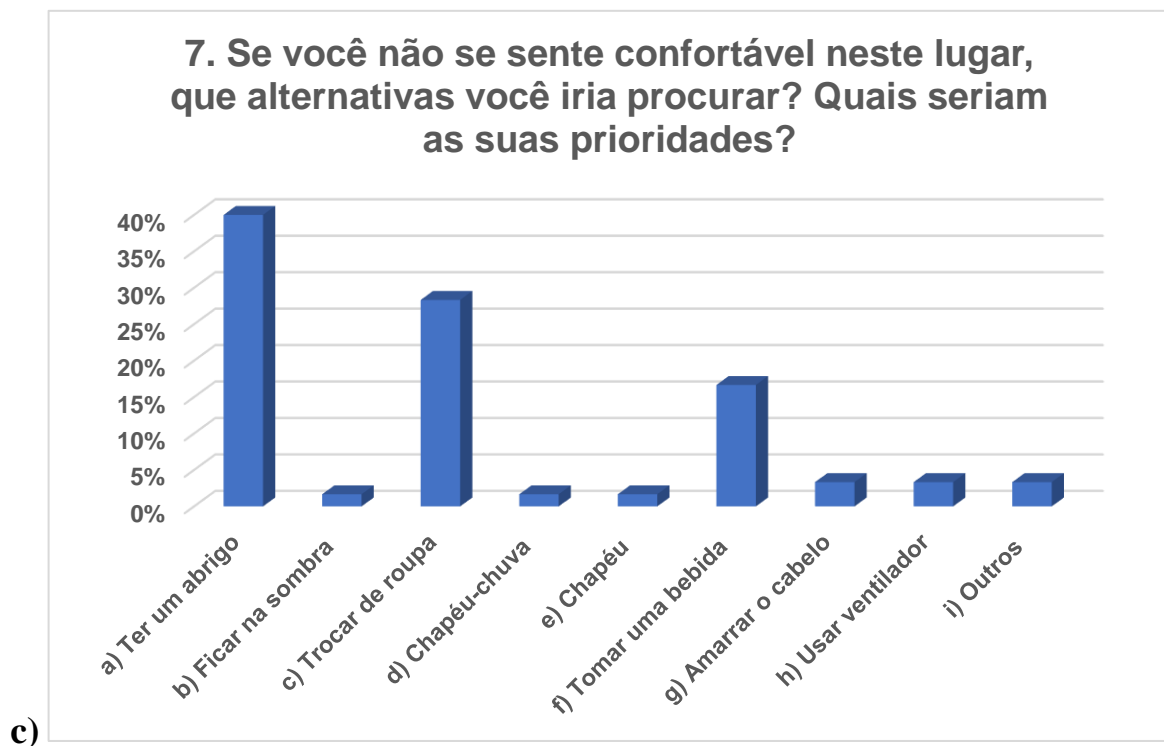


Figura 42. Conforto térmico dos entrevistados. Respostas às perguntas: (5) – No geral, você se sente; 6 – Baseado no que você disse, você está agora numa situação confortável; se você não se sente confortável neste lugar, que alternativas você iria procurar; Quais seriam as suas prioridades

III.2.3. Conclusão Parciais

Os valores elevados do calor, que resultam da radiação térmica e a sua interação com a velocidade do vento, estão relacionados com a temperatura do corpo humano. Deste modo, os dados sobre a sensação térmica e conforto humano no Lobito foram obtidos através de um questionário de conforto térmico e parâmetros meteorológicos.

Assim, conclui-se que no período chuvoso a sensação térmica fisiológica apresentou valores que variaram entre 32 °C a 38 °C para o índice da UTCI e 36 °C a 41 °C para o índice da PET, mas quando foram comparados com sensação térmica das pessoas, chegou-se à conclusão que as pessoas se sentem mais confortáveis mesmo com a situação de desconforto fisiológico. Quanto ao período seco, pode-se concluir que a população do Lobito considera o Lobito frio, ligeiramente húmido e ventoso, o que faz que a população se sinta desconfortável devido também à ausência de radiação solar.

Numa análise feita nas figuras 43 e 44, pode dizer-se que existe uma grande percentagem de pessoas que se sentem confortável nos dias de stresse térmico forte para o calor o que quer dizer que, o processo de climatização do Lobito é efetivo para o período chuvoso, ao passo que no período seco, houve mais pessoas desconfortável do que confortável excepto no 11/01 e 16/01 de 2018, pela necessidade de adaptar a escala às regiões tropicais pelo que o UTCI deveria ser corrigida nesta região.

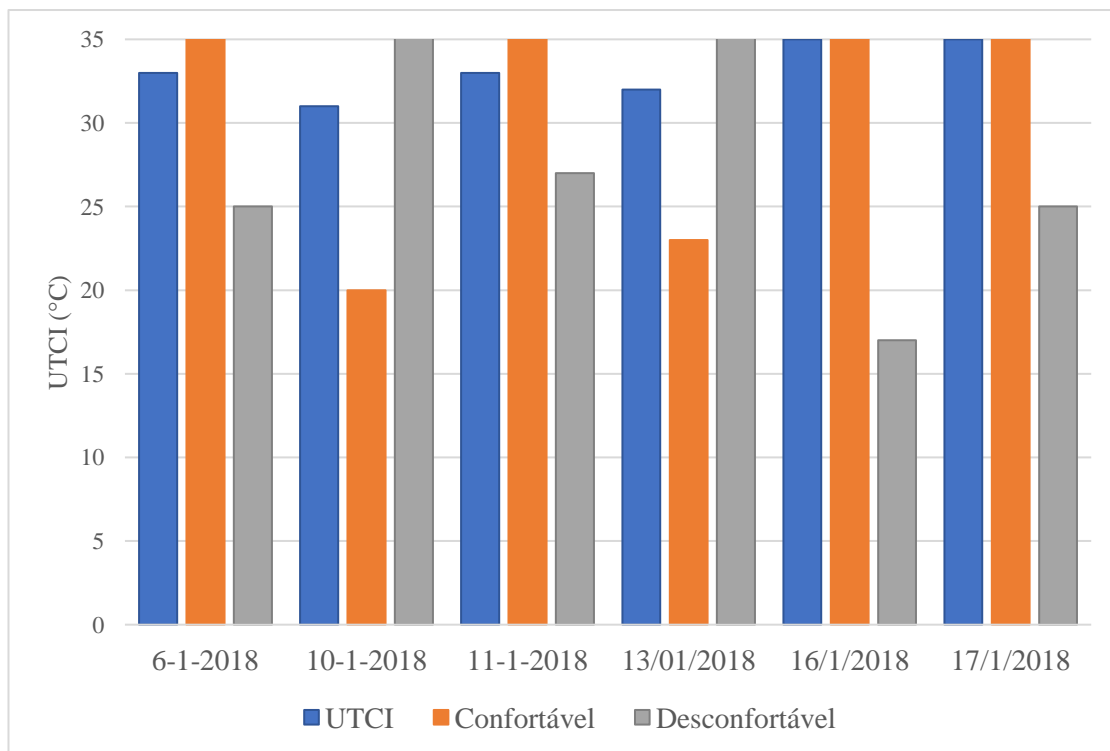


Figura 43. Relação entre o UTCI (a meio do dia) e o conforto térmico (inquéritos) período chuvoso

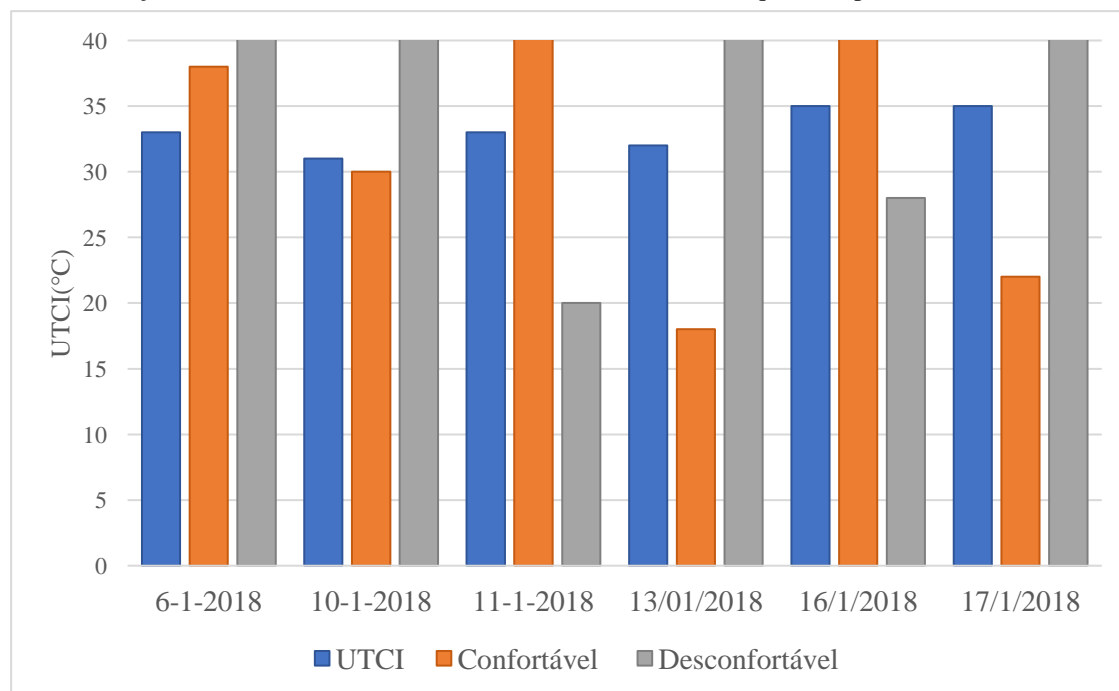


Figura 44. Relação entre o UTCI (a meio do dia) e o conforto térmico (inquéritos) no período seco

III.4. Discussão de Resultados

O crescimento da população nas áreas urbanas e os efeitos das ilhas de calor urbano comprometem o conforto nestas áreas, porque o calor ocorre quando nas áreas urbanas observam-se temperaturas mais quentes do que nos arredores. É importante salientar que as ilhas de calor urbano dependem muitas vezes do porte da cidade e dos factores climáticos (vento, nebulosidade e próxima do mar).

Os efeitos colaterais das actividades humanas, os altos níveis de poluição na atmosfera e o excesso de áreas asfaltadas comparando com as áreas verdes, têm evitado diferenças de temperatura entre as áreas urbanas e as áreas rurais. Os espaços verdes em meio urbano desempenham um papel fundamental devido as suas funções ou pela sua contribuição ecológica, social, ambiental, económica e estética. E a falta de espaços verdes em meio urbano faz que haja maior impacto no crescimento urbano, reduz a qualidade de vida dos cidadãos, e a biodiversidade e pode reduzir a regulação e manutenção dos processos ecológicos da malha urbana.

O conforto térmico é resultado da combinação satisfatória, num ambiente, de temperatura, humidade relativa, velocidade do ar, actividades desenvolvidas e o vestuário utilizado pela população. A radiação solar impulsiona os mais úteis sistemas hidrológicos, climáticos e ecológicos terrestres e é tido como um fator determinante na variação do PET.

Os locais que apresentam temperaturas mais elevadas no Lobito encontram-se na zona baixa da cidade (nos bairros do Compão, Cabaia, Canata e Caponte) com temperaturas do ar que rondaram entre (29 °C e 32 °C), que correspondem a LCZ 4 (ocupação aberta e edificações elevadas), LCZ 5 (ocupação aberta e edificações médias), LCZ 6 (ocupação aberta e edificações baixa) e LCZ 10 (zona industrial). Nestas zonas os valores da PET foram (37 °C e 40 °C) e os valores do UTCI foram (33 °C e 38 °C), sendo estes valores resultantes da existência de áreas construídas nos bairros do Compão, Canata, Cabaia e Caponte.

Por sua vez, os valores mais baixos com temperaturas a rondarem os 25 °C e os 28 °C foram registados na zona de maior altitude e com maior densidade populacional da cidade do Lobito (nos bairros 17 de setembro, 4 de Abril, Vila-Chinesa, Cavipa, Capereta, Bangumbango e na área dos condomínios Beija-Flor), estas zonas na sua maioria são

cobertas pelas LCZ 7 Ocupação Aberta e Edificações Baixas, LCZ 9 (assentamento espaçado) e LCZ C arbustos isolados. Nestes locais, a PET apresentou valores que rondaram entre 36 °C e 37 °C e os valores do UTCI variaram entre 31 °C e 33°C estes resultados podem estar associados às áreas verdes no período chuvoso.

O PET e o UTCI revelam-nos mais informações sobre as condições térmicas, o que quer dizer que no período quente o PET apresentou valores superiores que rondaram entre os 36 °C e 40 °C e os do índice do UTCI rondaram entre 31 °C e 38 °C, ou seja, estes resultados devem-se ao facto de o PET e UTCI considerarem não só a temperatura do ar, mas também a humidade relativa, velocidade do vento, a radiação solar e a temperatura. É de referir que a radiação solar ao meio dia poderá contribuir para o aumento do valor do PET e do UTCI na região do Lobito.

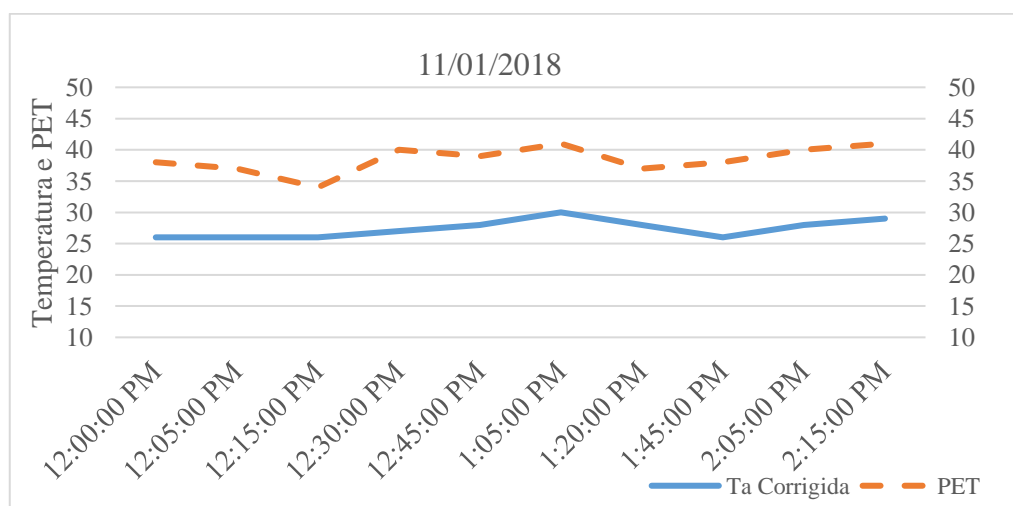
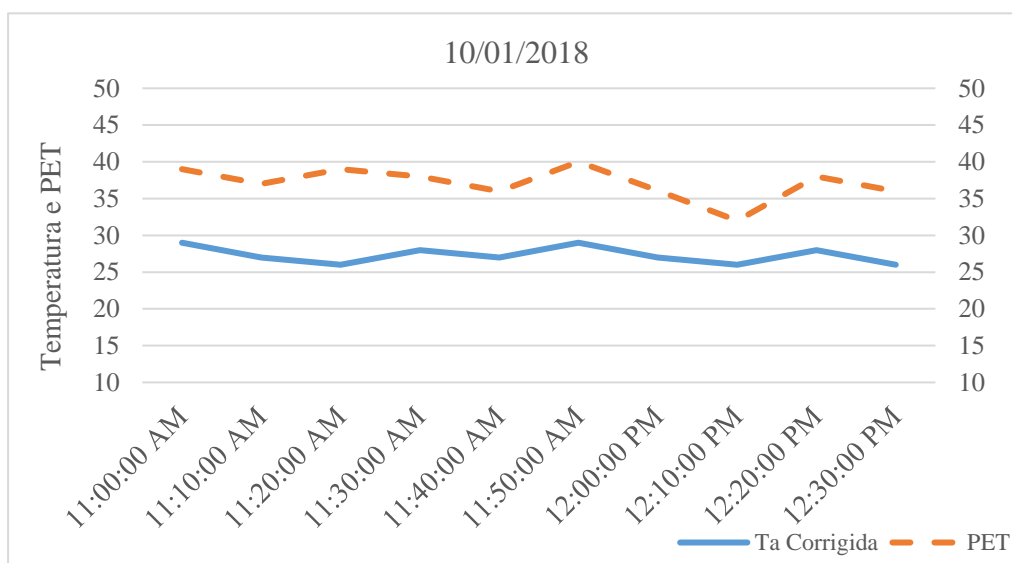
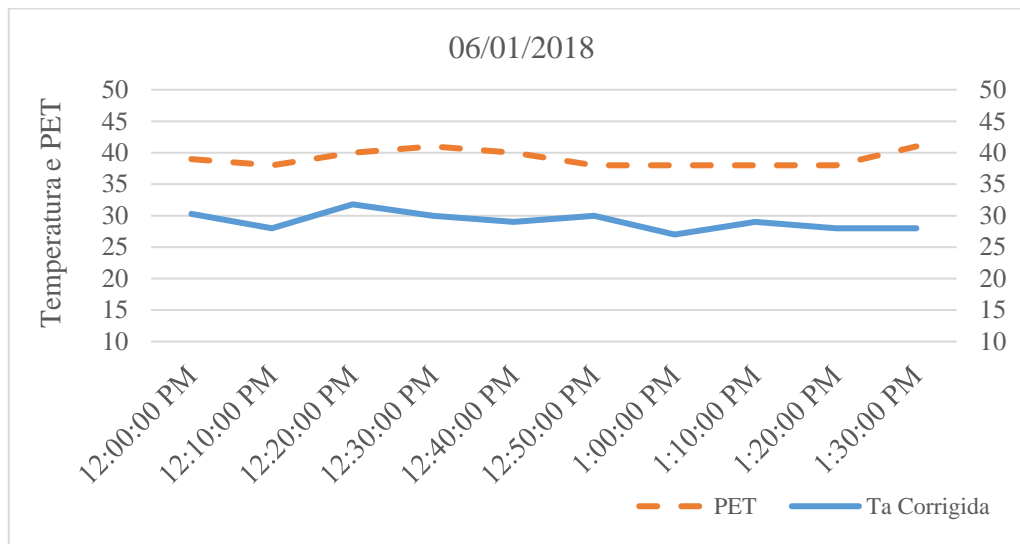


Figura 45. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, nos dias 6, 10 e 11 de janeiro de 2018

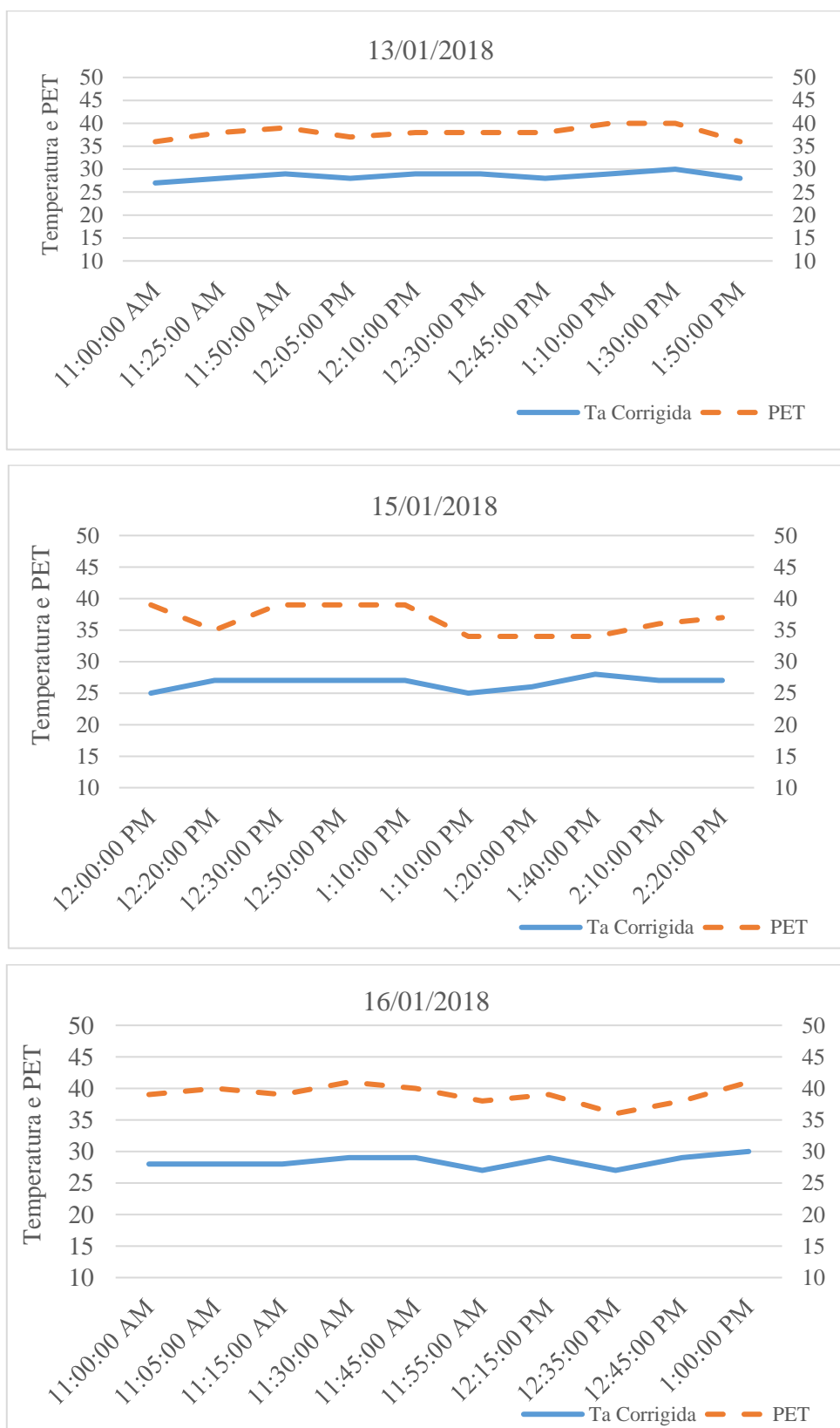


Figura 46. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018

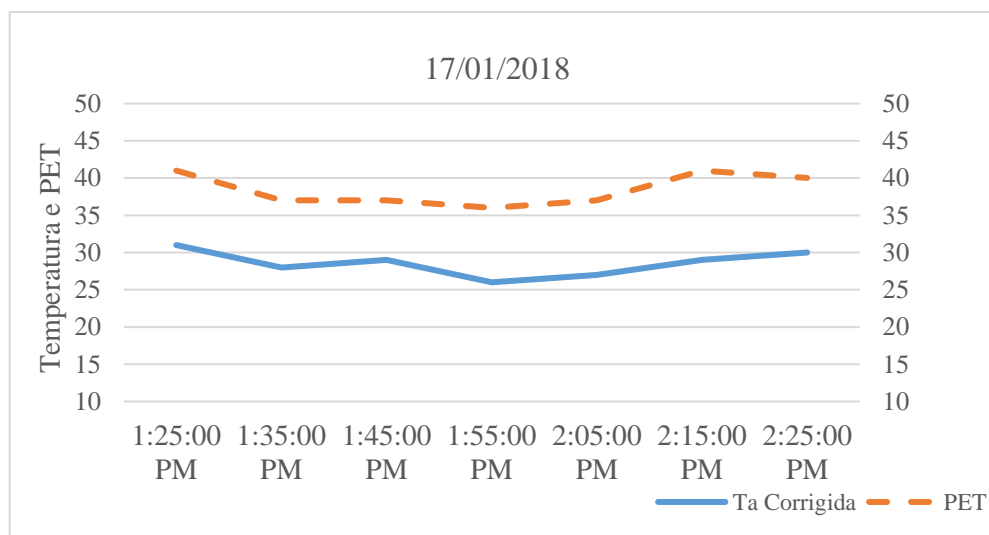
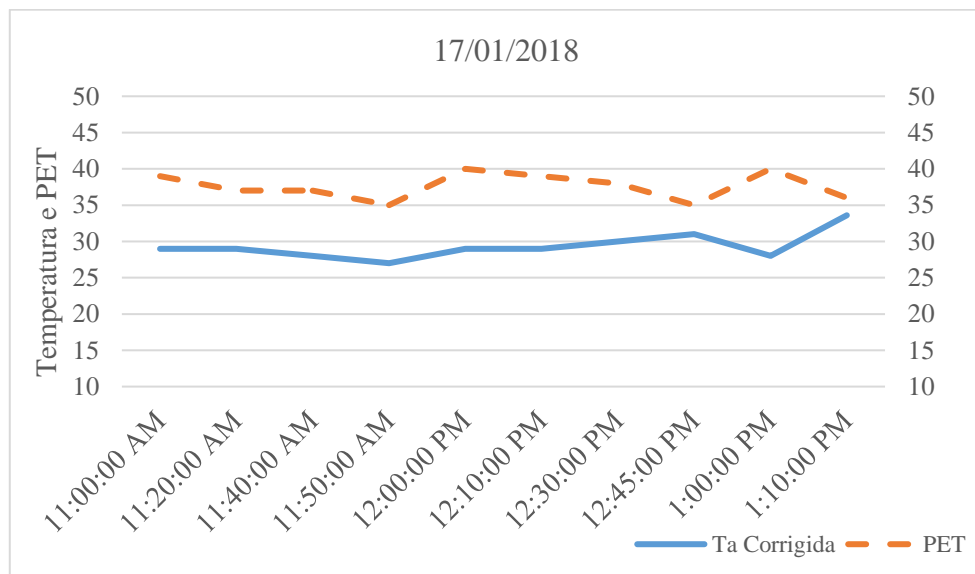


Figura 47. Temperatura do ar e a PET no período chuvoso, no dia 17 de janeiro de 2018

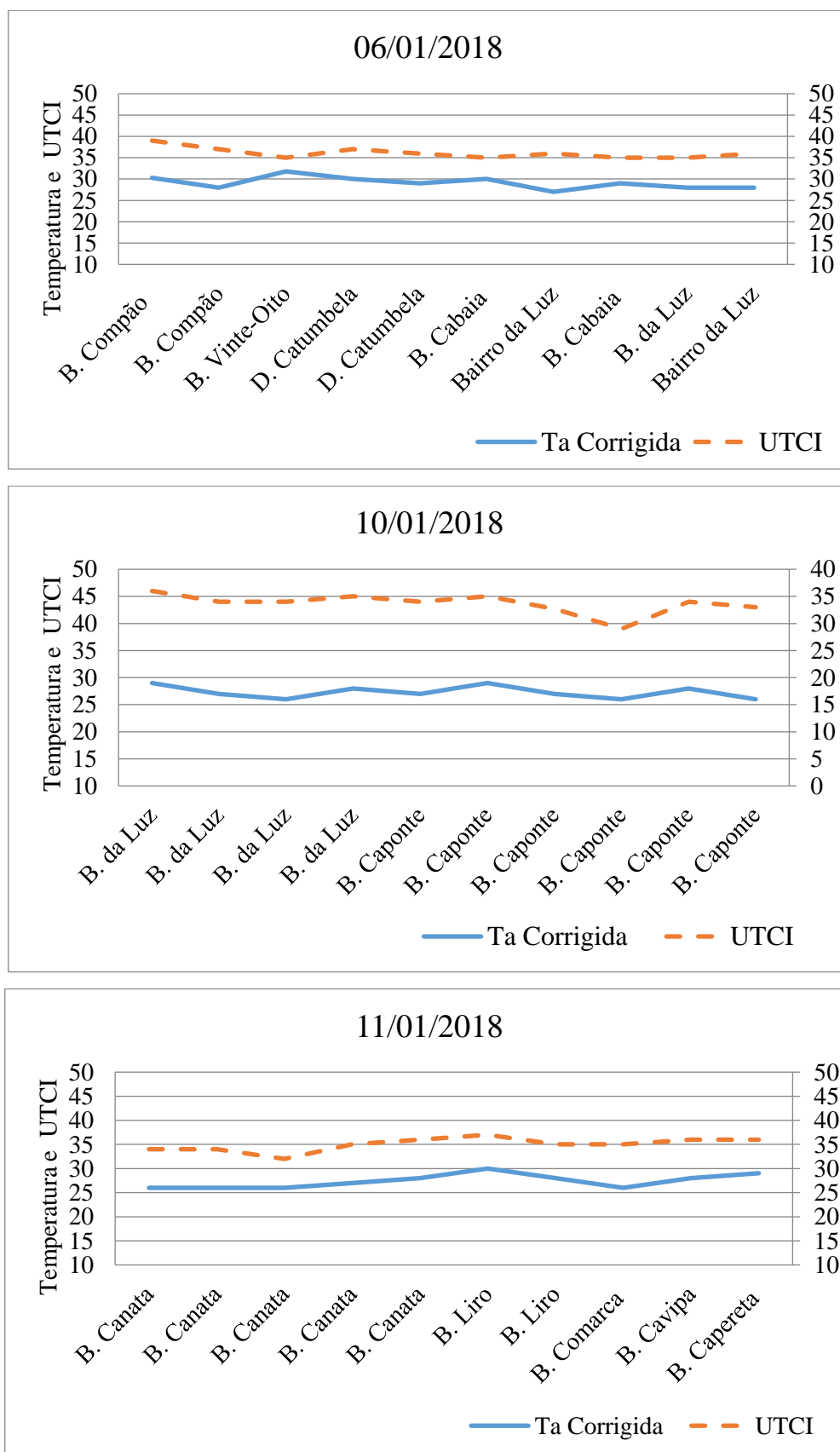


Figura 48. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, nos dias 6, 10 e 11 de janeiro de 2018

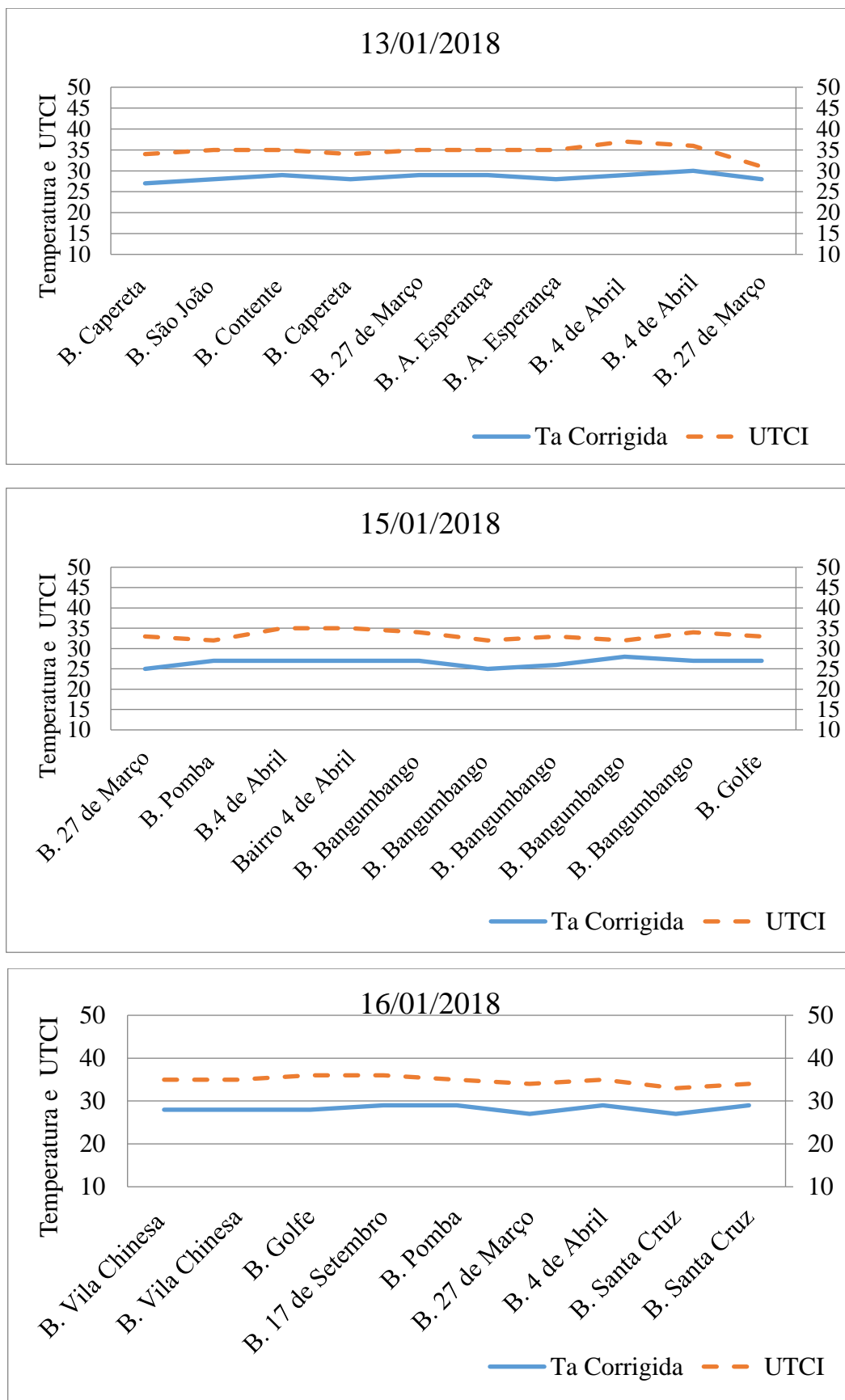


Figura 49. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, nos dias 13, 15 e 16 de janeiro de 2018

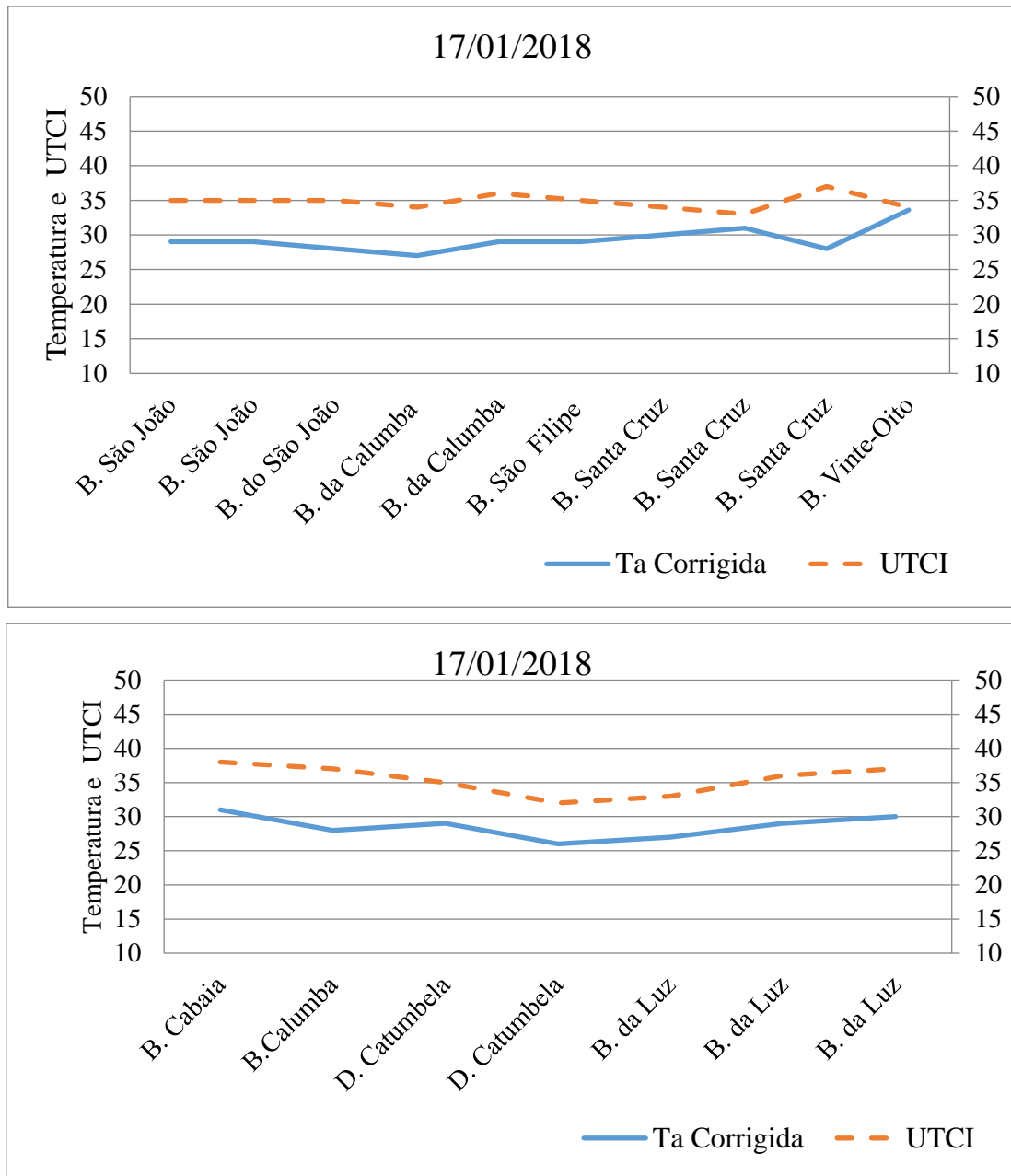


Figura 50. Temperatura do ar e o UTCI no período chuvoso, no dia 17 de janeiro de 2018

Capítulo IV. Conclusões e Desenvolvimentos Futuros

Esta pesquisa, constitui um estudo piloto sobre o clima urbano e o conforto térmico numa das regiões da província de Benguela. Assim sendo, no presente trabalho fez-se a avaliação dos padrões térmicos de distribuição termo-higrométricos, da *Local Climate Zone* e avaliar os padrões térmicos e o conforto humano na região que possui características morfológicas urbanas diferentes.

Com base na análise estatística, o trabalho de campo e recolha bibliográfica, verificou-se que o clima urbano do Lobito é tropical e desértico, apresenta forte influência da corrente fria de Benguela ao longo do litoral, é caracterizado pelos contrastes entre o clima seco e quente com fracas precipitações no litoral, é influenciado pela ZICT responsável pelas precipitações durante o período quente na região.

O Lobito possui onze tipos de classe de cobertura da terra tendo em conta o esquema da classificação da LCZ e as mais destacadas foram as LCZ C que corresponde a classe de arbustos isolados, LCZ 7 corresponde à classe de ocupação desordenadas e edificações baixas e LCZ 6 que corresponde à classe de assentamento espaçado.

Os dados obtidos no período seco e chuvoso descrevem os efeitos da temperatura, humidade do ar, velocidade do vento e radiação na população. No período seco o conforto térmico do Lobito apresentou características de frio e húmido, com uma velocidade do vento ligeiramente forte, com pouca radiação solar e a maioria dos inqueridos se sentia desconfortável. No período chuvoso as características apresentadas no Lobito são ambiente quente, a humidade do ar neutra, com uma radiação solar forte.

No que diz respeito à sensação térmica no período chuvoso na área de estudo, os resultados do índice UTCI rondaram entre 31 °C e 36 °C que se enquadra nas categorias de stresse de calor moderado a forte. E, relativamente ao conforto térmico fisiológico, no período chuvoso os valores rondam entre 36 °C a 40 °C que se enquadra nas categorias de stresse pelo forte a muito forte, com influências negativas no bem-estar da população do Lobito. Contudo, chegou-se a conclusão que o Lobito no período chuvoso a população acha-o quente, não húmido e o vento é um pouco indiferente, havendo assim pessoas com interesse ter mais vento e uma mudança para o vento um pouco mais fresco, e no período

seco a população considera que o Lobito é frio, humido, com muito vento, mostrando interesse em ambientes menos ventos.

Para obter melhor resultado no futuro, nos próximos trabalhos devem-se-a:

- (i) Demonstrar o potencial do PET e UTCI nas futuras aplicações ou noutras situações;
- (ii) Estudar a avaliar a qualidade do ar no município do Lobito usando redes de monitorização, com objectivo de identificar as fontes de emissão de poluentes atmosféricos;
- (iii) Aplicação de novas metodologias na avaliação bioclimáticas para o município do Lobito;
- (iv) Fazer uma análise da influência topoclimática da urbanização, na circulação do ar no Lobito.

Referências Bibliográficas

- Aina, Y. A., Adam, E. M., e Ahmed, F. (2017). Spatio temporal variations in the impacts of urban land use types on urban heat island effects: the case of Riyadh, Saudi Arabia. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLII-3/W2, 37th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Tshwane, South Africa.
- Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, A., Ghaffarianhoseini, A., Omrany, H., Wang, Z. H., e Akbari, H. (2017). Urban Heat Island Mitigation Strategies: A State-of-the-Art Review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong, *Cities*, 62, 131–145.
- Alcoforado, M. J. (1988). O clima da região de Lisboa. Vento, insolação e temperatura. Tese de Doutoramento em Geografia Física, apresentada à Universidade de Lisboa.
- Alcoforado, M. J. (2001). Alguns Aspectos de Bioclimatologia: O Clima e o Organismo Humano, Centro de Estudos Geográficos Universidade de Lisboa. Conferência no Âmbito do II Congresso da La Asociación Española de Climatología.
- Alcoforado, M. J., Andrade, H., Lopes, A. e Vasconcelos, J. (2009). Application of Climatic Guidelines to Urban planning the Example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 90: 56 - 65.
- Alcoforado, M J., Andrade, H., Oliveira, S., Festas, M., e Rosa, F. (2009). *Alterações climáticas e desenvolvimento urbano. Série Política das Cidades*. Lisboa: DGOTDU.
- Andrade, H. (1998). O Desconforto Térmico Estival em Lisboa. Uma Abordagem Bioclimática. *Finisterra, Revista Portuguesa de Geografia*, XXXIII (66), 41 - 58.
- Andrade, H. (2005). O Clima Urbano – Natureza, Escalas de Análise e Aplicabilidade. *Finisterra Revista portuguesa de geografia*, 40, (80): 67 – 91.

- Andrade, H. (2003). Bioclima humano e temperatura do ar em Lisboa. Tese de Doutoramento, Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa.
- ANSI/ASHRAE Standard (2004). *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*, American Society for Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta.
- Anjos, M. W. B. (2017). Orientações climáticas para o planeamento urbano numa cidade costeira do nordeste do Brasil: Aracaju-Se. Tese de Doutoramento, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa.
- Anjos, M.W.B; Lopes, A. M.S.; Alves, E.D.L e Lucena, A.J. (2017) – *Rede Climatológica Urbana Aplicada Ao Estudo Da Ilha De Calor Em Aracaju Se*. Revista online Caminhos da Geografia, ISSN 1678-6343: 4 – 7.
- Barros, H. R. e Lombardo, M. A. (2016). A Ilha de Calor Urbana e o Uso e Cobertura do Solo em São Paulo-SP, *GEOUSP: Espaço e Tempo*, 20 (1): 160 – 177.
- Blazejczyk, K., Broede, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., e Kunert, A. (2010), Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale, *Miscellanea Geographica*, 14 :91-102.
- Blazejczyk, K., Epstein, Y., Jendritzky, G., Staiger, H. e Tinz, B. (2012). Comparison of UTCI to Selected Thermal Indices, *International Journal of Biometeorology*, 56 (3), 515–535.
- Blazejczyk, K., Jendritzky, G., Epstein, Y., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Psikuta, A. e Kampmann, B. (2013). An introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI), *Geographia Polonica*, 86 (1): 5 – 10.
- Baltazar, S. (2014). New Bioclimatic Maps of Lisbon. Spatial Modelling of Physiological Equivalent Temperature. *Finisterra Revista portuguesa de Geografia*, XLIX, (98): 81 – 94.

- Bechtel, B. e Daneke, C. (2012). Classification of local climate zones based on multiple earth observation data. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5(4): 1191-1202.
- Bechtel, B., Alexander, P. J., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, J., e Stewart, I. (2015). Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *ISPRS International Journal of Geo Information*, 4(1): 199-219.
- Bouyer, J., Vinet, J., Delpech, P. e Carré, S. (2007). Thermal Comfort Assement in Semi Outdoor Environments: Application to Confort Study in Stadia, *Jornal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 95 (9-11): 963-976.
- Bröde, P., Fiala, D., Blazejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B. e Havenith, G. (2012). Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI), *International Journal of Biometeorology*, 56 (3): 481– 494.
- Brousse, O. Martilli, M. Foley, G. Mills, B. Bechtel, (2016). WUDAPT, an efficient land use producing data tool for mesoscale models? Integration of urban LCZ in WRF over Madrid. *Urban climate*.
- Brousse, O.; Demuzere, M. e Georganos, S. (2018). Using Local Climate Zones in Sub Saharan Africa to tackle urban health issues. *Urban Climate*, 27 (2019): 227-242.
- Costa, A. D. L. e Araújo, V. M. D. (2001). A Bioclimatologia como Forma de Análise da Ocupação Urbana: Estudo de Caso para Natal/RN.
- Castro, E. e Lopes, A. (2010). O conforto térmico urbano e o ordenamento do território na cidade da Guarda: utilização dos sistemas de informação geográfica e da geoestatística.
- Cohen, P., Potchter, O. e Matzarakis, A. (2013). Human Thermal Perception of Coastal Mediterranean Outdoor Urban Environments, *Applied Geography*, 37: 1 – 10.

- Charles, K. E. (2003). Fanger's Thermal Comfort and Draught Models. Institute for Research in Construction, National Research Council of Canada.
- Ching J, Mills G, e See L, et al (2015). The portal component, strategic perspectives and review of tactical plans for full implementation of WUDAPT. In: Proceedings of the ICUC9. Meteo France, Toulouse, France.
- Cruz, J.R. (1940). Clima de Angola; elementos de climatologia, Lisboa: 96 pp.
- Dai, X., Zhongyang, G., Zhang, L., e Li, D. (2010). Spatio-temporal exploratory analysis of urban surface temperature field in Shanghai, China. *Stochastic Environmental Research e Risk Assessment* 24: 247–257.
- Danylo, O., See, L., Bechtel, B., Schepaschenko, D., e Fritz, S. (2016). *Contributing to WUDAPT: A Local Climate Zone Classification of Two Cities in Ukraine*. 1939 140 IEEE *Journal of selected topics in applied earth observations and Remote Sensing*.
- Deb, C. e Alur, R. (2010). The Significance of Physiological Equivalent Temperature (PET) in Outdoor Thermal Comfort Studies, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2 (7): 2825 – 2828.
- Dias, M. B. G. e Nascimento, D. T. F. (2014). Clima Urbano e Ilhas de Calor: Aspectos Teórico-Metodológicos e Estudo de Caso, *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 10 (12): 27-41.
- Epalanga, J. (2013). Estudo Geoquímico das Águas no Aquífero Cársico do Cretácico e no Aquífero Terrígeno do Delta do Catumbela Região de Lobito, Angola. Avaliação de Possíveis Impactos na Saúde Pública. Mestrado em Geociências Ambiente e Ordenamento do Território. Faculdade de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra.
- Fanger, P.O. (1972). Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Fanger, P. O. (1973), Assessment of man's thermal comfort in practice, *British Journal of Industrial Medicine*, 30:313 - 324.

- Arzaneh, Y. e Tootoonchi, A. A. (2008). Controlling Automobile Thermal Comfort Using Optimized Fuzzy Controller, *Applied Thermal Engineering*, 28 (14 15): 906 – 1917.
- Feddema, J., Mills, G., e Ching, J. (2015). Demonstrating the Added Value of WUDAPT for Urban Climate Modelling. ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment.
- Félix, V. M., Moura, D., Pereira, M. L. e Tribess, A. (2010). Avaliação de Conforto Térmico em Ambientes Cirúrgicos Utilizando Método de Fanger e Temperaturas Equivalentes, *Ambiente Construído, Porto Alegre*, 10 (4): 69 78.
- Ferreira, N., S., (1996). Zona de Convergência Intertropical. Climanálise Especial. Edição Comemorativa de 10 anos. 136 – 139.
- Fiala, D., Lomas K. J. e Stohrer, M. (2001). Computer Prediction of Human Thermoregulatory and Temperature Responses to a Wide range of Environmental Conditions, *International Journal of Biometeorology*, 45 (3), 143 – 159.
- Fiala, D., Havenith, G., Bröde, P., Kampmann, B., e Jendritzky, G. (2011). UTCI Fiala multinode model of human heat transfer and temperature regulation; *International Journal of Biometeorology*, 56 (3): 429-441.
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, v. 80, n. 1: 185-201.
- Gomes, P. S. e Lamberts, R. (2009). O Estudo do Clima Urbano e a Legislação Urbanística: Considerações a Partir do Caso Montes Claros, MG, *Ambiente Construído, Porto Alegre*, 9 (1): 73 – 91.
- Ganho, N. (1999). Clima Urbano e a Climatologia Urbana Fundamentos e Aplicação Ordenamento Urbano, *Cadernos de Geografia*, (18): 97 – 127.
- Ginsburg, N, Koppel e McGee TG (1991). The Extended Metropolis: Settlement Transition in Asia Honolulu, HI: University of Hawaii Press.

- Gonçalves, H. e Graça, J. M. (2004). *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*.
- Grover, A., e Singh, R. B., (2015). Analysis of Urban Heat Island (UHI) in Relation to Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): A Comparative Study of Delhi and Mumbai, *Environments*, 2: 125–138.
- Gulya's, Á, Unger, J. e Matzarakis, A. (2006). Assessment of the Microclimatic and Human Comfort Conditions in a Complex Urban Environment: Modelling and Measurements, *Building and Environment*, 41 (12): 1713–1722.
- Höppe, P. (1999). The Physiological Equivalent Temperature – a Universal Index for the Biometeorological Assessment of the Thermal Environment, *International Journal of Biometeorology*, 43 (2): 71 – 75.
- Höppe P.R. (1993). Heat balance modelling. *Experientia* 49:741–746.
- Jang, M. S., Koh, C. D. e Moon, I. S. (2007). Review of Thermal Comfort Design Based on PMV/PPD in Cabins of Korean Maritime Patrol Vessels, *Building and Environment*, 42 (1): 55 – 61.
- Jauregui, E. (1993). Urban Bioclimatology in Developing Countries, *Experientia*, 49 (11): 964 – 968.
- Jendritzky, G. e Niibler, W. (1981). A Model Analysing the Urban Thermal Environment in Physiologically Significant Terms. *Archives for Meteorology, Geophysics, and Bioclimatology*, 29 (4): 313 – 326.
- Jendritzky, G., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E. e Dedear, R. (2007). The Universal Thermal Climate Index UTCI Goal and state of COST Action 730.
- Jendritzky, G., Dear, R e Havenith, G. (2012). UTCI—Why Another Thermal Index? *International Journal of Biometeorology*, 56 (3): 421–428.
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. 3. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 526.

- Katzschner, L. (1997). Urban climate studies as tools for urban planning and architecture. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4., Salvador. Anais do Salvador: ANTAC, 49-58.
- Khalila, H. A. E. E., Ibrahim, A., Elgendy, N. e Makhloufa, N. (2018). Could/Should Improving the Urban Climate in Informal Areas of Fast Growing Cities be an Integral Part of Upgrading Processes? Cairo Case. *Urban Climate*, Vol. 24: 66-79.
- Klosterman, R. E. (1995). The Appropriateness of Geographic Information Systems for Regional Planning in the Developing World. *Environ and Urban Systems*, Vol. 19. (1): 1 – 13. *Elsevier Science*.
- Knez, I. e Thorsson, S. (2008). Thermal, Emotional and Perceptual Evaluations of a Park: Cross-cultural and Environmental attitude comparisons, *Building and Environment*, 43 (9): 1483 - 1490.
- Kotharkar, R., e Bagade, A. (2017). Local Climate Zone Classification for Indian Cities: A case study of Nagpur.
- Labaki, L. C., Fontes, M. S. G. C., Bueno-Bartholomei, C. L. e Dacanal, C. (2012). Conforto Térmico em Espaços Públicos de Passagem: Estudos em ruas de Pedestres no Estado de São Paulo, *Ambiente Construído, Porto Alegre*, 12 (1): 167 – 183.
- Lin, T. P., Hwang, R. L., Olivera, S., e Matzarakis, A. (2008). The comparison of thermal sensation and acceptable range for outdoor occupants between Mediterranean and subtropical climates. ICB2008, Urban Climate.
- Landis, J. R.; e Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, (1): 159 – 174.
- Lawrence, R.J. (2003). Human ecology and its applications. *Landscape and Urban Planning* 65 (1-2): 31-40.
- Lelovics E., Unger J., Gál T., e Gál C.V. (2014). Design of an urban monitoring network based on Local Climate Zone Mapping and Temperature pattern modelling. *Climate Research* 61(1): 51–62.

- Lilly R. A., e Devadas, M. D. (2009). Analysis of Land Surface Temperature and Land Use / Land Cover Types Using Remote Sensing Imagery - a case in Chennai City, India. The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan. Conservation and Recycling 128: 526–534.
- Matias, L.; Pina Santos, C.; Pinto, A. (2011). Net Zero Energy School – Reaching the Community. Escola secundária de Vergílio Ferreira. Condições ambientes no período de meio período de 2010. Relatório nº 269/ES/LNEC. Lisboa: LNEC.
- Matzarakis, A., Mayer, H. e Iziomon, M. G. (1999). Applications of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature, *International Journal of Biometeorology*, 43 (2): 76 – 84.
- Matzarakis, A., Rutz, F. e Mayer, H. (2007). Modelling Radiation Fluxes in Simple and Complex Environments - Application of the RayMan Model, *International Journal of Biometeorology*, 51 (4): 323 – 334.
- Matzarakis, A., Rutz, F., e Mayer, H., (2014). Modelagem de fluxos de radiação em ambientes simples e complexos - Noções básicas do modelo RayMan. *International Journal of Biometeorology* 54: 131-139.
- Mayer, H. (1993). Urban Bioclimatology. *Experientia*, 49 (11): 957 - 963.
- Mayer, H., e Matzarakis, A. (1998). Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In Proceedings 2nd Japanese-German Meeting “Klimaanalyse für die Stadtplanung”. Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special rep (Vol. (1): 155-168).
- Minua. (2006). Relatório do estado geral do ambiente em Angola. 326 pp.
- Mendes, D., Veiga, J., Moura, R.G., e Gondim, M., A. (2000). Monitoramento da zona de convergencia intertropical (ZCIT) através de dados de temperatura de brilho.
- Ndetto, E. L. e Matzarakis, A. (2013). Basic analysis of climate and urban bioclimate of Dar es Salaam, Tanzania. *Theor Appl Climatol* 114:213–226.

- Ngolo, A. O. (2014). Zoneamento agroclimático para cultura do café em Angola. Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como grau de Pós Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister scientiae* Viçosa, Minas Gerais, Brasil
- Nobre, C. A. e Molion, (1986). *Climanálise Especial*. Edição Comemorativa de 10 anos.
- Mills, G.; Bechetel, B.; Ching, J.; See, L.; Feddema, J.; Foley, M.; Alexander, P.; e O'Connor, M. (2015). *An introduction to the WUDAPT project*. In: ICUC9 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment. Proceedings. Toulouse: *International Association for Urban Climate/ American Meteorological Society*.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*.
- Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*. London, Routledge, 2.ed.
- Oke, T.R. (1982). Base energética da ilha de calor urbana. *Quarterly Journal of the Royal Society Meteorological* 108: 1-24.
- Oke TR, (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology* 84: 179–190.
- Ooka, R. (2007). Recent Development of Assessment Tools for Urban Climate and Heat Island Investigation Especially Based on Experiences in Japan. *International Journal of Climatology*, Vol. 27, (14): 1919-1930.
- Özdamar, M. e Umaroğullari, F. (2018). Thermal Comfort and Indoor Air Quality, *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, 5 (3), 90–109.
- Panagiotis, T.; Nastos, P.T.; Matzarakis, A. (2011). The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. *Theor Appl Climatol* 108:591–599.

- Pappenberger, F., Jendritzky, G., Staiger, H., Dutra, E., Di Giuseppe, F., Richardson, D. F. e Cloke, H. L. (2015). Global Forecasting of Thermal Health Hazards: the Skill of Probabilistic Predictions of the Universal Thermal Climate Index (UTCI), *International Journal of Biometeorology*, 59 (3): 311 – 323.
- Park, S., Tuller, S. E. e Jo, M. (2014). Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for Microclimatic Analysis in Urban Thermal Environments, *Landscape and Urban Planning*, 125: 146–155.
- Pessoa, N. (2013). Estudo bioclimático dos extremos térmicos em Cascais e suas repercussões nos consumos elétricos de edifícios municipais. Dissertação de mestrado, IGOT Universidade de Lisboa.
- Ren, C., Wang, R., Cai, M., Xu, Y., Zheng, e Y. Ng, E. (2016). The Accuracy of LCZ maps Generated by the World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) Method: A Case Study of Hong Kong, in The Fourth International Conference on Countermeasure to Urban Heat Islands (4th IC2UHI).
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A. e Deering, D.W. (1973). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium, 3, Proceedings. Washington, v.1, Sec. A.
- Ruth, M. e Baklanov, A. (2012). Urban Climate Science, Planning, Policy and Investment Challenges. *Urban Climate*, (1): 1–3.
- Roth, M. (2007). Review of urban climate research in (sub) tropical regions. *Int. J. Climatol.* 27 (14): 1859–1873.
- Santamouris, M. (2002). Energy and Climate in the Urban Built Environment. *London, James and James Publishers*. Streutker. D.R.
- See L, Ching J, Masson V, Feddema J, Mills G, Neophytou M, Foley M, O'Connor M, et al. (2015). Generating WUDAPT's Specific Scale - dependent Urban Modeling and Activity Parameters: Collection of Level 1 and Level 2 Data. In: *ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment*, Toulouse, France.

- Schukin, S. (2012). Creating the Environmental Conditions for Violence. Center for Environment and National Security.
- Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, v. 31, (2): 200 – 217.
- Stewart ID, e TR Oke, (2009a). *Classifying Urban Climate Field Sites By “Local Climate Zones”*: The Case of Nagano, Japan Preprints, *Seventh International Conference on Urban Climate*, June 29–July 3, Yokohama.
- Stewart, I.D., e T.R. Oke, (2009b). Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. Preprints, *T.R. Oke Symposium e Eighth Symposium on Urban Environment*, January 11–15, Phoenix, AZ.
- Stewart, I.D., e Oke, T.R., (2010). Thermal differentiation of local climate zones using temperature observations from urban and rural field sites. Preprints, *Ninth Symposium on Urban Environment*, August 2-6, Keystone, CO-USA.
- Stewart ID, e TR Oke, (2012). *Local Climate Zones for Urban Temperature Studies*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 93, n. 12, p. 1879-1900.
- Uvo, C.B. (1989). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos.
- Uvo, C., R., B., e Nobre, C. A., (1989). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte I: A Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial. *Climanalise*, Vol. 4: (7): 34 – 40.
- Uvo, C., R., B., e Nobre, C., A., (1989). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no norte do Nordeste do Brasil. Parte II: A Influência dos Ventos e TSM do Atlântico Tropical. *Climanalise*, Vol. 4: (10): 39 – 48.

- Van Hoof, J., Mazej, M. e Hensen, J. L. M. (2010). Thermal comfort: Research and Practice, *Frontiers in Bioscience*, 15(2): 765 – 788.
- Voogt, J. A., e Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3): 370.
- Yoshino, M. (2009). Development of Bioclimatological Thought in Japan From Ancient Times to Present, *Journal of Geography*, 118 (6): 1221- 1236.
- Zhang, N. Cao, B. Wang, Zh. Zhu, Y. e Lin, B. (2017). A comparison of winter indoor thermal environment and thermal comfort between regions in Europe, North America, and Asia. *Building and Environment* 117: 208-217.

ANEXOS

Anexos I



QUESTIONÁRIO SOBRE O CONFORTO TÉRMICO

Pesquisa de Mestrado: Clima urbano e conforto térmico na região do Lobito
Responsável: Judith Maia José Epalanga Matias

Voluntário (a): _____
Data: ____/____/____
Tempo: ____:____:____
Temp. °C: ____ Umid. %: ____
Nº do questionário: ____

PERFIL DO ENTREVISTADO:

1. **Sexo***: ☐ Masculino ☐ Feminino
2. **Idade**: ☐ até 19 anos ☐ 20 a 59 ☐ Acima de 60
3. **Posição atual***:
- ☐ Parado (sentado) à sombra ☐ Parado ao sol
- ☐ Caminhando ☐ Correndo ☐ Outra posição
4. **Atividade atual**:
- ☐ Trabalho ☐ Lazer ☐ Vivendo
- ☐ Descanso ☐ Esperando ☐ Outra atividade

5. Versão básica da vestuário atual*:

- ☐ camisa de manga curta + calções (saías) $CLO = 0,36$
- ☐ camisa de manga curta + calças (saías) $CLO = 0,57$
- ☐ camisa de manga comprida + calções (saia) $CLO = 0,51$
- ☐ camisa de manga comprida + calças (saia) $CLO = 0,61$

Complemento:

- ☐ Vestido leve ☐ vestido grosso ☐ colete
- ☐ camisola ☐ casaco grosso ☐ Sapato ou ténis
- ☐ Descalço ☐ Chapéu ou boné ☐ Outros

Total: ☐ clo.

SENSAÇÃO TÉRMICA DO ENTREVISTADO:

1. Sobre a temperatura do ar, o que você sente agora?

- ☐ Frio ☐ Fresco ☐ Ligeiramente fresco
- ☐ Normal
- ☐ Ligeiramente quente ☐ Quente ☐ Muito quente

1.1. Como você gostaria de se sentir?

- ☐ Mais quente ☐ Nenhuma mudança ☐ Mais fresco

2. Sobre a umidade do ar, o que você sente agora?

- ☐ Muito húmido ☐ Húmido ☐ Levemente húmido
- ☐ Normal
- ☐ Ligeiramente seco ☐ Seco ☐ Muito seco

2.1. Como você gostaria de se sentir?

- ☐ Mais seco ☐ Nenhuma mudança ☐ Um pouco húmido

3. Sobre o vento, a que velocidade está?

- ☐ Muito fraca ☐ Fraca ☐ Ligeiramente fraca
- ☐ Normal ☐ Ligeiramente forte ☐ Forte
- ☐ Muito Forte

3.1. Como você gostaria de se sentir?

- ☐ Mais vento forte ☐ Não mudar ☐ Mais vento fraco

4. Sobre a intensidade do sol, o que você acha?

- ☐ Fraco demais ☐ Pouco Sol ☐ Sol
- ☐ Estou bem ☐ Um pouco forte ☐ Forte ☐ Forte demais.

4.1. Como você gostaria?

- ☐ Um pouco mais de sol ☐ Não mudar
- ☐ Um pouco mais de abrigo (proteção contra o sol)

5. No geral, você sente?

- ☐ Muito desconfortável ☐ Desconfortável ☐ Um pouco desconfortável ☐ ok! ☐ Um pouco confortável
- ☐ Confortável ☐ Muito confortável

6. Baseado no que disse, você está agora em numa situação confortável?

- ☐ Aceitável ☐ Inaceitável

7. Se você NÃO se sente confortável neste lugar, que alternativas você iria procurar? Quais seriam as suas prioridades?

[A] Ter um abrigo [B] Ficar na sombra [C] Trocar de roupa

[D] Usar um guarda-chuva [E] Chapéu

[F] Tomar uma bebida [G] Amarrar o cabelo [H] Usar um ventilador

[I] Outra(s): _____

Obrigado(a) pela sua ajuda!

ANEXO II

Observações meteorológicas itinerantes da cidade do Lobito

Nº	Local/Bairro	Data	Hora	Coord X	Coord Y	T°C	T°C-Corrigida	HR	Vv/Med	D Aero	Anomalias das temperatura
Primeiro dia											
1	Bairro do Compão	6/1/2018	12:00:00 PM	-12.3581	13.53139	30.3	30.3	88.6	1	28	2.3
2	Bairro do Compão	6/1/2018	12:10:00 PM	-12.3601	13.53111	27.6	28	46.2	1.2	28	0
3	Bairro do Vinte Oito	6/1/2018	12:20:00 PM	-12.3686	13.52139	27.9	28	43.3	0.7	28	0
4	Delta do Catumbela	6/1/2018	12:30:00 PM	-12.3769	13.51667	30.7	30	60.7	0.9	28	2
5	Delta do Catumbela	6/1/2018	12:40:00 PM	-12.3803	13.51972	29.9	29	55.6	0.7	28	1
6	Bairro da Cabaia	6/1/2018	12:50:00 PM	-12.3862	13.53083	30.2	30	60.2	2	28	2
7	Bairro da Luz	6/1/2018	1:00:00 PM	-12.382	13.54111	27.3	27	66.8	1.3	28	-1
8	Bairro da Cabaia	6/1/2018	1:10:00 PM	-12.3798	13.53889	29.2	29	55.7	1.7	28	1
9	Bairro da Luz	6/1/2018	1:20:00 PM	-12.38	13.54194	28.2	28	67.5	1.3	28	0
10	Bairro da Luz	6/1/2018	1:30:00 PM	-12.3813	13.54222	28.9	28	60.4	0.4	28	0
Segundo dia											
11	Bairro da Luz	10/1/2018	11:00:00 AM	-12.3808	13.54444	30	29	54.2	1.1	25	4

12	Bairro da Luz	10/1/2018	11:10:00 AM	-12.3809	13.54583	27.3	27	67.7	1.3	25	2
13	Bairro da Luz	10/1/2018	11:20:00 AM	-12.3825	13.54333	26.9	26	61.8	0.5	25	1
14	Bairro da Luz	10/1/2018	11:30:00 AM	-12.3835	13.545	28.5	28	66.8	1.2	25	3
15	Bairro da Caponte	10/1/2018	11:40:00 AM	-12.3816	13.54778	27.9	27	69.1	1.5	25	2
16	Bairro da Caponte	10/1/2018	11:50:00 AM	-12.3812	13.55444	28.9	29	57.7	0.9	25	4
17	Bairro da Caponte	10/1/2018	12:00:00 PM	-12.3795	13.55806	27.3	27	49.2	1.5	25	2
18	Bairro da Caponte	10/1/2018	12:10:00 PM	-12.379	13.56	26.2	26	42.9	3	25	1
19	Bairro da Caponte	10/1/2018	12:20:00 PM	-12.3778	13.55778	28.3	28	46.7	1	25	3
20	Bairro da Caponte	10/1/2018	12:30:00 PM	-12.3778	13.56083	27.2	26	52.8	1.3	25	1
Terceiro Dia											
21		11/1/2018	12:00:00 PM	-12.3762	13.55944	26.9	26	54.9	0.7	25	1

	Bairro da Canata										
22	Bairro da Canata	11/1/2018	12:05:00 PM	-12.3738	13.56	27	26	66.7	0.9	25	1
23	Bairro da Canata	11/1/2018	12:15:00 PM	-12.3699	13.5625	28	26	77.9	2	25	1
24	Bairro da Canata	11/1/2018	12:30:00 PM	-12.3673	13.55444	28.5	27	61.5	0.5	25	2
25	Bairro da Canata	11/1/2018	12:45:00 PM	-12.362	13.56528	29.6	28	73.8	0.7	25	3
26	Bairro do Liro	11/1/2018	1:05:00 PM	-12.3606	13.54694	29.5	30	69.5	0.5	26	4
27	Bairro do Liro	11/1/2018	1:20:00 PM	-12.3574	13.54833	28	28	70	1.5	26	2
28	Bairro da Comarca	11/1/2018	1:45:00 PM	-12.3592	13.54972	25.9	26	65.9	0.7	26	0
29	Bairro da Cavipa	11/1/2018	2:05:00 PM	-12.3622	13.55139	28.5	28	66.2	0.6	26	2
30	Bairro da Capereta	11/1/2018	2:15:00 PM	-12.3658	13.55583	29.8	29	60.1	0.9	26	3
Quarto Dia											
31	Bairro da Capereta	13/01/2018	11:00:00 AM	-12.3633	13.55611	27.5	27	73.3	1.3	25	2
32	Bairro do São João	13/01/2018	11:25:00 AM	-12.3607	13.55417	28.9	28	69.8	1.4	25	3
33	Bairro do Contente	13/01/2018	11:50:00 AM	-12.3576	13.55472	30	29	56.6	1.2	25	4
34	Bairro da Capereta	13/01/2018	12:10:00 PM	-12.3633	13.55861	28.9	28	50.2	1.7	25	3

35	Bairro 27 de Março	13/01/2018	12:30:00 PM	-12.3653	13.56	30	29	60	1.5	25	4
36	Bairro do Alto Esperança	13/01/2018	12:40:00 PM	-12.3628	13.56083	28.9	29	58.3	1.2	25	4
37	Bairro do Alto Esperança	13/01/2018	12:45:00 PM	-12.3632	13.56389	27.7	28	60.8	1.5	25	3
38	Bairro 4 de Abril	13/01/2018	1:10:00 PM	-12.3589	13.5675	29.2	29	69.2	1.3	25	4
39	Bairro 4 de Abril	13/01/2018	1:30:00 PM	-12.3583	13.57056	30.1	30	72.8	0.9	25	5
40	Bairro 27 de Março	13/01/2018	1:50:00 PM	-12.3636	13.5675	28.6	28	37.6	2.4	25	3
Quinto Dia											
41	Bairro 27 de Março	15/01/2018	12:00:00 PM	-12.3757	13.59583	25.1	25	39.7	0.4	28	-3
42	Bairro da Pomba	15/01/2018	12:20:00 PM	-12.3686	13.59917	27.8	27	42.3	2	28	-1
43	Bairro 4 de Abril	15/01/2018	12:30:00 PM	-12.3653	13.58333	28	27	58.9	0.8	28	-1
44	Bairro 4 de Abril	15/01/2018	12:50:00 PM	-12.3873	13.58917	27.6	27	57.8	0.7	28	-1
45	Bairro do Bangumbango	15/01/2018	1:10:00 PM	-12.3894	13.58	27.8	27	38.9	0.9	28	-1
46	Bairro do Bangumbango	15/01/2018	1:30:00 PM	-12.3863	13.58167	25.3	25	60.9	1.9	28	-3

47	Bairro do Bangumbango	15/01/2018	1:35:00 PM	-12.3805	13.58417	26	26	70.3	2	28	-2
48	Bairro do Bangumbango	15/01/2018	1:50:00 PM	-12.3726	13.5825	28	28	67.2	3.3	28	0
49	Bairro do Bangumbango	15/01/2018	2:15:00 PM	-12.3874	13.58667	27	27	65.9	1.7	28	-1
50	Bairro do Golfe	15/01/2018	2:25:00 PM	-12.3766	13.5925	27.9	27	44.3	1.2	28	-1
Sexto Dia											
51	Bairro da Vila Chinesa	16/01/2018	11:00:00 AM	-12.3443	13.58806	29	28	50.9	0.9	30	-2
52	Bairro da Vila Chinesa	16/01/2018	11:05:00 AM	-12.3457	13.58139	29	28	53	0.8	29	-1
53	Bairro do Golfe	16/01/2018	11:20:00 AM	-12.3574	13.58333	28.6	28	60.6	1.1	29	-1
54	Bairro 17 de Setembro	16/01/2018	11:35:00 AM	-12.3545	13.59583	30	29	57.8	0.3	29	0
55	Bairro da Pomba	16/01/2018	11:45:00 AM	-12.3538	13.57583	29.9	29	46.7	0.7	28	1
56	Bairro 27 de Março	16/01/2018	11:55:00 AM	-12.3675	13.58056	26.7	27	44.3	0.9	28	-1
57	Bairro 4 de Abril	16/01/2018	12:15:00 PM	-12.3788	13.58972	28.9	29	39.9	1	28	1
58	Bairro da Santa Cruz	16/01/2018	12:30:00 PM	-12.3947	13.58194	28	27	42.6	1.5	29	-2
59	Bairro da Santa Cruz	16/01/2018	12:45:00 PM	-12.3956	13.56694	29.6	29	40.1	1.3	29	0

60	Bairro da Santa Cruz	16/01/2018	1:00:00 PM	-12.3966	13.555	30.2	30	39.2	0.6	30	0
Sétimo Dia											
61	Bairro do São João	17/01/2018	11:00:00 AM	-12.3908	13.55222	29.6	29	49.4	1	28	1
62	Bairro do São João	17/01/2018	11:20:00 AM	-12.3828	13.56361	29.2	29	60.2	1.3	28	1
63	Bairro do São João	17/01/2018	11:40:00 AM	-12.3846	13.57889	28.7	28	70.9	1.5	28	0
64	Bairro da Calumba	17/01/2018	11:50:00 AM	-12.381	13.56556	27.9	27	73.9	2	28	-1
65	Bairro da Calumba	17/01/2018	12:00:00 PM	-12.3785	13.55167	29.6	29	64.2	1	29	0
66	Bairro São Filipe	17/01/2018	12:10:00 PM	-12.3719	13.54944	28.7	29	48.8	0.8	28	1
67	Bairro da Santa Cruz	17/01/2018	12:25:00 PM	-12.3663	13.54	29.6	30	50.9	0.9	28	2
68	Bairro da Santa Cruz	17/01/2018	12:45:00 PM	-12.3685	13.52139	30.9	31	61.3	8	28	3
69	Bairro da Santa Cruz	17/01/2018	1:00:00 PM	-12.3664	13.52111	27.8	28	75.6	0.7	28	0
70	Bairro do Vinte Oito	17/01/2018	1:15:00 PM	-12.3647	13.51944	26.6	26	73.2	1.5	28	-2
Sétimo Dia											
71	Bairro da Cabaia	17/01/2018	1:25:00 PM	-12.365	13.52722	31	31	70.9	1.2	28	3
72	Bairro da Calumba	17/01/2018	1:35:00 PM	-12.3715	13.51944	28.8	28	80.2	1.8	28	0
73	Delta do Catumbela	17/01/2018	1:45:00 PM	-12.3747	13.52778	29.8	29	78.9	2	28	1

74	Delta do Catumbela	17/01/2018	1:55:00 PM	-12.3778	13.53278	26.9	26	52.2	1.2	28	-2
75	Bairro da Luz	17/01/2018	2:05:00 PM	-12.3793	13.53417	27.9	27	48.6	1.3	28	-1
76	Bairro da Luz	17/01/2018	2:15:00 PM	-12.3764	13.53556	30.1	29	60.9	0.5	28	1
77	Bairro da Luz	17/01/2018	2:25:00 PM	-12.3738	13.53583	29.9	30	58.6	1	28	2